

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-313416

出 願 人

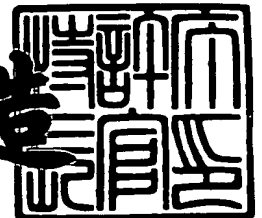
Applicant(s):

ティーディーケイ株式会社

2001年 9月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3081387

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD01814

【提出日】 平成12年10月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

 【氏名】 佐々木 芳高

【特許出願人】

 【識別番号】 000003067

 【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

 【代表者】 澤部 肇

【代理人】

 【識別番号】 100109656

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

 【識別番号】 100098785

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 019482

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する 2 つの磁極を有する、互いに磁氣的に連結された第 1 の磁性層および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、前記薄膜コイルを前記第 1 の磁性層および第 2 の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、前記第 2 の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に前記記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

所定の基体上に、窒化鉄を含む磁性材料を用いてスパッタリングにより前記第 1 の磁性層を形成する第 1 の工程と、

前記第 1 の磁性層上に前記ギャップ層を形成する第 2 の工程と、

前記ギャップ層上に、前記記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍からこの面より離れる方向に延在するように、所定の磁性材料を用いて前記第 2 の磁性層のうちの少なくとも前記一定幅部分を選択的に形成する第 3 の工程と、

塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも塩素を含むガス雰囲気、かつ 30 ° C ないし 300 ° C の範囲内の温度環境中において、前記一定幅部分をマスクとして、反応性イオンエッチングにより、前記ギャップ層のうちの前記一定幅部分に対応する部分以外の領域を選択的に除去すると共に、前記第 1 の磁性層のうちの前記一定幅部分に対応する部分以外の領域をその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去する第 4 の工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】 前記第 3 の工程において、

鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料を用いてめっき処理により前記一定幅部分を形成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】 前記第 3 の工程において、

アモルファス合金としてコバルト鉄合金またはコバルト鉄酸化物合金のいずれ

かを含む磁性材料を用いてスパッタリングおよびエッチング処理により前記一定幅部分を形成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】 前記第 4 の工程を 1 5 0 ° C ないし 2 5 0 ° C の範囲内の温度環境中において行う

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】 前記第 4 の工程において、

前記ギャップ層の選択的除去を塩素および三塩化ボロンを含むガス雰囲気中において行い、

前記第 1 の磁性層の選択的除去を塩素を含むガス雰囲気中において行う

ことを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】 前記ギャップ層の選択的除去を行う際の塩素ガスの供給量を毎分 2 0 ミリリットルないし毎分 4 0 ミリリットルの範囲内、三塩化ボロンガスの供給量を毎分 6 0 ミリリットルないし毎分 8 0 ミリリットルの範囲内とし、

前記第 1 の磁性層の選択的除去を行う際の塩素ガスの供給量を毎分 1 0 0 ミリリットルないし毎分 2 0 0 ミリリットルの範囲内とする

ことを特徴とする請求項 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと、読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magneto Resistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【 0 0 0 3 】

記録ヘッドは、例えば、記録ギャップ (write gap) を挟んでその上下に配設された上部磁極 (トップポール) および下部磁極 (ボトムポール) と、上部磁極と下部磁極との間に絶縁層を介して配設された磁束発生用のコイルとを含んで構成されている。上部磁極および下部磁極は、磁気記録媒体 (以下、単に「記録媒体」という。) に対向する記録媒体対向面 (エアベアリング面) に近い側の領域の記録ギャップ近傍において互いに同一の一定幅を有しており、これらの部位により記録トラック幅を画定する「磁極部分」が構成されている。

【 0 0 0 4 】

記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁極部分の幅 (磁極幅) をサブミクロンオーダーまで極微小化し、記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このような場合には、磁極部分の全域に渡って磁極幅を高精度に一定とするのが好ましい。磁極幅が部分的に大きいと、書き込み対象のトラック領域のみならずその隣接トラック領域にまで書き込みが行われ、隣接トラック領域に書き込まれていた情報が上書きされて消去してしまうというサイドイレーズ現象が生じるからである。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来は、以下のような理由により、磁極幅を高精度に一定とすることが困難であり、薄膜磁気ヘッドの製造時における歩留り (良品率) が十分でないという問題があった。すなわち、磁極部分を形成する際には、例えば、下部磁極および記録ギャップの積層体上に、記録トラック幅に相当する極微小な一定幅を有する部分 (一定幅部分) を含むように上部磁極を形成したのち、この一定幅部分をマスクとして、下部磁極および記録ギャップのそれぞれにおける一定幅部分に対応する部分以外の領域を選択的にエッチングして除去する。下部磁極および記録ギャップに対するエッチング方法として、従来はイオンミリングを用いているため、上部磁極の構造等に起因してエッチング領域に対するイオンビームの照射量に差異が生じると、エッチング処理が均一に行われなくなり、イオンビームの照射量が低下した領域において磁極部分の幅が縮小してしまう。このよ

うな問題は、イオンビームの照射角度を調整したり、磁極部分等が形成された基体を回転させながらエッチング処理を行うようにしても解決されない。

【0006】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極幅を高精度に極微小化しつつ、歩留りを向上させることが可能な薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面に近い側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を有する、互いに磁氣的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に配設された薄膜コイルと、薄膜コイルを第1の磁性層および第2の磁性層から絶縁する絶縁層とを有すると共に、第2の磁性層が、記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の基体上に、窒化鉄を含む磁性材料を用いてスパッタリングにより第1の磁性層を形成する第1の工程と、第1の磁性層上にギャップ層を形成する第2の工程と、ギャップ層上に、記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍からこの面より離れる方向に延在するように、所定の磁性材料を用いて第2の磁性層のうちの少なくとも一定幅部分を選択的に形成する第3の工程と、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも塩素を含むガス雰囲気、かつ30°Cないし300°Cの範囲内の温度環境中において、一定幅部分をマスクとして、反応性イオンエッチングにより、ギャップ層のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域を選択的に除去すると共に、第1の磁性層のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域をその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去する第4の工程とを含むようにしたものである。

【0008】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第1の工程において、所定の基体上に、窒化鉄を含む磁性材料を用いてスパッタリングにより第1の磁性層が形成される。続いて、第2の工程において、第1の磁性層上にギャップ層が形成

される。続いて、第3の工程において、ギャップ層上に、記録媒体対向面が形成されるべき位置の近傍からこの面より離れる方向に延在するように、所定の磁性材料を用いて第2の磁性層のうちの少なくとも一定幅部分が選択的に形成される。続いて、第3の工程において、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも塩素を含むガス雰囲気、かつ30°Cないし300°Cの範囲内の温度環境中において、一定幅部分をマスクとして、反応性イオンエッチングにより、ギャップ層のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域がその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去されると共に、第1の磁性層のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域がその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去される。上記の条件下において反応性イオンエッチングを行うことにより、一定幅部分の幅と同一の幅を有するようにギャップ層および第1の磁性層のそれぞれの一部が形成される。

【0009】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第3の工程において、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料を用いてめっき処理により一定幅部分を形成するようにしてもよいし、アモルファス合金としてコバルト鉄合金またはコバルト鉄酸化物合金のいずれかを含む磁性材料を用いてスパッタリングおよびエッチング処理により一定幅部分を形成するようにしてもよい。

【0010】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第4の工程を150°Cないし250°Cの範囲内の温度環境中において行うのが好ましい。

【0011】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第4の工程において、ギャップ層の選択的除去を塩素および三塩化ボロンを含むガス雰囲気中において行い、第1の磁性層の選択的除去を塩素を含むガス雰囲気中において行うようにしてもよい。このような場合には、ギャップ層の選択的除去を行う際の塩素ガスの供給量を毎分20ミリリットルないし毎分40ミリリットルの範囲内、三塩化ボロンガスの供給量を毎分60ミリリットルないし毎分80ミリリットルの範囲内とし、第1の磁性層の選択的除去を行う際の塩素ガスの供給量を毎分100ミリリッ

トルないし毎分 2 0 0 ミリリットルの範囲内とするのが好適である。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 1 3 】

〔第 1 の実施の形態〕

まず、図 1 ～図 9 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。

【 0 0 1 4 】

図 1 ～図 6 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 7 ～図 9 は主要な製造工程に対応する斜視構造を示している。ここで、図 7 は図 1 に示した状態に対応し、図 8 は図 2 に示した状態に対応し、図 9 は図 5 に示した状態に対応する。ただし、図 9 では、図 5 における絶縁膜 1 3, 1 5, 1 7、薄膜コイル 1 4, 1 6 およびオーバーコート層 1 8 等の図示を省略している。

【 0 0 1 5 】

以下の説明では、図 1 ～図 9 の各図中における X 軸方向を「幅方向」、Y 軸方向を「長さ方向」、Z 軸方向を「厚み（高さ）方向または深さ方向」として表記すると共に、Y 軸方向のうちのエアベアリング面 7 0 に近い側（または後工程においてエアベアリング面 7 0 となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

【 0 0 1 6 】

＜薄膜磁気ヘッドの製造方法＞

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図 1 に示したように、例えばアルテック ($Al_2O_3 \cdot TiC$) よりなる基板 1 上に、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3 ; 以下、「アルミナ」という) よりなる絶縁層 2 を、約 $5.0 \mu m \sim 10.0 \mu m$ の厚みで堆積する。次に、絶縁層 2 上に、例えばフレイムめっき法を用いて、例えばニッケル鉄合金 ($NiFe$; 以下、単に「パーマロイ（商品名

）」という)を約 $2.0\mu\text{m}$ ～ $3.0\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層3を形成する。フレームめっき法に関する詳細については、後述する。下部シールド層3を形成する際には、例えば、後述する図10に示したような平面形状を有するようにする。なお、下部シールド層3を形成するためのパーマロイとしては、例えば、Ni：80重量%，Fe：20重量%やNi：45重量%，Fe：55重量%の組成を有するものを用いるようにする。次に、全体を覆うように、例えばアルミナ層を約 $4.0\mu\text{m}$ ～ $5.0\mu\text{m}$ の厚みで形成したのち、例えばCMP（化学機械研磨）法により、下部シールド層3が露出するまでアルミナ層の表面を研磨して全体を平坦化する。これにより、下部シールド層3の周辺領域を埋め込むように絶縁膜4が形成される。

【0017】

次に、図1に示したように、下部シールド層3上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜5を約 10.0nm ～ 20.0nm の厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜5上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、再生ヘッド部の要部であるMR素子を構成するためのMR膜6を所望の形状となるように形成する。次に、MR膜6の両側に、このMR膜6と電氣的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成する。次に、このリード層、シールドギャップ膜5およびMR膜6上にシールドギャップ膜7を形成して、MR膜6をシールドギャップ膜5，7内に埋設する。シールドギャップ膜7の形成材料および形成方法等は、シールドギャップ膜5の場合とほぼ同様である。

【0018】

次に、図1に示したように、シールドギャップ膜7上に、高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄（FeN）よりなる上部シールド層兼下部磁極（以下、単に「下部磁極」という。）8を約 $2.0\mu\text{m}$ ～ $2.5\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。下部磁極8を形成する際には、例えば、後述する図10に示したような平面形状を有するようにする。

【0019】

ここで、下部磁極8の形成は、以下のような手順により行う。すなわち、まず

、シールドギャップ膜 7 上に、スパッタリングにより、窒化鉄層を約 $2.0\ \mu\text{m}$ ～ $2.5\ \mu\text{m}$ の厚みで形成する。続いて、所定の形状および材質（例えば、クロム等の金属材料）を有するマスクを用いて、例えばリアクティブイオンエッチング（Reactive Ion Etching；以下、単に「RIE」という）により窒化鉄層をエッチングしてパターンニングすることにより、下部磁極 8 を選択的に形成する。RIE によるエッチング処理を用いて下部磁極 8 を形成する場合には、特に、加工時間の短縮や加工精度の向上等を目的として、エッチング時に使用するエッチングガスの種類やエッチング時の加工温度などのエッチング条件を適正化するのが好ましい。このようなエッチング条件の適正化に関する詳細については、後述する。なお、下部磁極 8 の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に高飽和磁束密度を有する磁性材料として、コバルト鉄合金（FeCo）、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金（FeCoZrO）またはジルコニウム鉄窒化物合金（FeZrN）などのアモルファス合金などを用いるようにしてもよい。窒化鉄層をパターンニングするためのエッチング方法としては、必ずしも RIE を用いなければならないものではなく、イオンミリングを用いるようにしてもよい。ここで、基板 1 からシールドギャップ膜 7 までの一連の構造物が、本発明における「所定の基体」の一具体例に対応し、下部磁極 8 が、本発明における「第 1 の磁性層」の一具体例に対応する。

【0020】

次に、図 1 に示したように、下部磁極 8 上に、例えばスパッタリングにより、非磁性材料、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層 10 を約 $0.1\ \mu\text{m}$ ～ $0.15\ \mu\text{m}$ の厚みで形成する。記録ギャップ層 10 を形成する際には、後工程において磁路接続部 12B が形成されることとなる領域を覆わないようにする。この領域は、下部磁極 8 と後工程において形成されることとなる上部磁極 12 とを接続させるための開口部 10K となる。なお、記録ギャップ層 10 の形成材料としては、上記したアルミナの他、アルミナと同様の非磁性金属材料、例えばニッケル銅合金（NiCu）などを用いるようにしてもよい。ここで、記録ギャップ層 10 が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応する。

【0021】

次に、開口部 10 K の形成領域よりも前方の領域における記録ギャップ層 10 上の所定の位置に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、例えば有機系のフォトレジスト膜を約 $1.0 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば、 $200^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、フォトレジスト膜の端縁近傍は、その端縁方向に向かって落ち込むような丸みを帯びた斜面をなすこととなり、図 1 に示したように絶縁膜パターン 11 が選択的に形成される。絶縁膜パターン 11 を形成する際の上記の「所定の位置」とは、例えば、絶縁膜パターン 11 の前端が MR 膜 6 の後端よりも後退するような位置である。

【 0 0 2 2 】

次に、図 1 および図 7 に示したように、絶縁膜パターン 11 の前側の斜面部を含む領域上からその前方における記録ギャップ層 10 上に至る領域に、例えばフレームめっき法により、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni) およびコバルト (Co) を含んで高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金 (CoNiFe ; Co: 45 重量%, Ni: 30 重量%, Fe: 25 重量%) よりなる上部ポールチップ 12 A を約 $1.5 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。上部ポールチップ 12 A を形成する際には、同時に、開口部 10 K における下部磁極 8 の露出面上に磁路接続部 12 B を選択的に形成する。上部ポールチップ 12 A および磁路接続部 12 B は、いずれも上部磁極 12 の一部を構成するものである。なお、上部ポールチップ 12 A および磁路接続部 12 B の形成材料としては、上記した 3 つの金属元素と共に、クロム (Cr)、ボロン (B)、リン (P) および銅のうちの少なくとも 1 種を含むものを用いるようにしてもよい。

【 0 0 2 3 】

上部ポールチップ 12 A を形成する際には、例えば、後述する図 10 に示したように、後工程においてエアベアリング面 70 となる側 (図 1 における左側) から順に、先端部 12 A (1)、中間部 12 A (2) および後端部 12 A (3) を含むようにする。このとき、先端部 12 A (1) が、記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅 (約 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$) を有するようにする。また、例えば、先端部 12 A (1) と中間部 12 A (2) との連結位置 I 1 が絶縁膜パターン 11 の前

端の位置と一致するようにすると共に、後端部 1 2 A (3) の後端が絶縁膜パターン 1 1 の後端よりも前方に位置するようにする。なお、上部ポールチップ 1 2 A の構造的特徴については後述する。ここで、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応する。

【 0 0 2 4 】

フレームめっき法によって上部ポールチップ 1 2 A を形成する際には、まず、例えば、スパッタリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜（図示せず）を約 $70\text{ }\mu\text{m}$ の厚みに形成する。この電極膜の形成材料としては、例えば、高飽和磁束密度を有する鉄ニッケルコバルト合金（C o : 4 5 重量%, N i : 3 0 重量%, F e : 2 5 重量%）などを用いるようにする。次に、この電極膜上に、例えばポジティブ型のフォトレジスト（以下、単に「フォトレジスト」という。）を塗布して、フォトレジスト膜（図示せず）を形成する。次に、所定の形状パターンを有するマスク（図示せず）を用いて、フォトレジスト膜の所定の領域を選択的に露光する。次に、フォトレジスト膜の露光領域を現像することにより、フレームめっき法においてめっき処理を行う際に用いるフレームパターン（外枠）（図示せず）を形成する。このフレームパターンは、上記の露光領域に対応した開口部を備えるものである。次に、フレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、鉄ニッケルコバルト合金（C o : 4 5 重量%, N i : 3 0 重量%, F e : 2 5 重量%）よりなる上部ポールチップ 1 2 A を形成する。最後に、フレームパターンを除去する。なお、磁路接続部 1 2 B もまた、上記した上部ポールチップ 1 2 A の場合と同様の形成材料および形成方法を用いて形成する。

【 0 0 2 5 】

次に、上部ポールチップ 1 2 A をマスクとして、R I E により、全体にエッチング処理を施す。このエッチング処理により、図 2 および図 8 に示したように、記録ギャップ層 1 0 のうち、上部ポールチップ 1 2 A および絶縁膜パターン 1 1 の配設領域以外の領域が選択的に除去される。このとき、後述するエッチング条件を調整することにより、例えば、絶縁膜パターン 1 1 における後方の一部も除去されるようにする。エッチング処理を行う際には、特に、塩素（C l₂）、三

塩化ボロン (BCl_3)、塩化水素 (HCl)、四フッ化炭素 (CF_4)、六フッ化硫黄 (SF_6) および三臭化ボロン (BBr_3) のうちの少なくとも塩素および三塩化ボロンに水素 (H_2)、酸素 (O_2)、窒素 (N_2) およびアルゴン (Ar) などを添加したものを含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を $30^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ の範囲内となるようにする。エッチングガスとしては、塩素および三塩化ボロンを含むガスを用いるようにするのがより好ましい。この場合には、例えば、塩素ガスの供給量を毎分 20 ミリリットル～毎分 40 ミリリットルの範囲内、三塩化ボロンガスの供給量を毎分 60 ミリリットル～毎分 80 ミリリットルの範囲内とするのが好ましい。また、加工温度としては、 $150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ の範囲内とするのがより好ましい。

【 0 0 2 6 】

さらに、上部ポールチップ 12A をマスクとして、RIE により、全体にエッチング処理を施す。このエッチング処理により、図 2 および図 8 に示したように、上部ポールチップ 12A における先端部 12A(1) と中間部 12A(2) との連結位置 I 1 よりも前方側の領域における下部磁極 8 がその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去され、トリム構造をなす磁極部分 100 が形成される。エッチング処理を行う際には、例えば、下部磁極 8 が $0.2\mu\text{m} \sim 0.4\mu\text{m}$ 程度掘り下げられるようにする。この磁極部分 100 は、上部ポールチップ 12A における先端部 12A(1) と、記録ギャップ層 10 の一部と、下部磁極 8 のうちの先端部 12A(1) に対応する部分とにより構成される。磁極部分 100 を構成する上記の各部位は、互いにほぼ同一の幅 $W1$ を有するように形成される。エッチング処理を行う際には、特に、塩素、三塩化ボロン、塩化水素、四フッ化炭素、六フッ化硫黄および三臭化ボロンのうちの少なくとも塩素に水素、酸素、窒素およびアルゴンなどを添加したものを含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を $30^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ (より好ましくは $150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$) の範囲内となるようにする。これにより、適正なエッチングスピード (約 $200\text{nm}/\text{min} \sim 300\text{nm}/\text{min}$) およびエッチングプロファイルを確保することができる。この場合には、例えば、塩素ガスの供給量を毎分 100 ミリリットル～毎分 200 ミリリットルの範囲内とするのが好ましい。

【 0 0 2 7 】

次に、図 3 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜 1 3 を約 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ の厚みで形成する。

【 0 0 2 8 】

次に、図 3 に示したように、上部ポールチップ 1 2 A の形成領域よりも後方の領域（磁路接続部 1 2 B の配設領域を除く）における絶縁膜 1 3 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル 1 4 を約 $0.8 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。薄膜コイル 1 4 を形成する際には、例えば、後述する図 1 0 に示したような巻線構造を有するようにする。なお、図 3 では、薄膜コイル 1 4 の一部分のみを図示している。薄膜コイル 1 4 を形成する際には、同時に、その内側の終端部となるコイル接続部 1 4 S を絶縁膜 1 3 上に薄膜コイル 1 4 と一体に形成する。このコイル接続部 1 4 S は、第 1 層目の薄膜コイル 1 4 と後工程において形成される第 2 層目の薄膜コイル 1 6（コイル接続部 1 6 S；図 4 参照）とを電氣的に接続させるためのものである。

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる前駆絶縁層 1 5 P を約 $3.0 \mu\text{m}$ の厚みで形成して、上部ポールチップ 1 2 A、磁路接続部 1 2 B および薄膜コイル 1 4 等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

【 0 0 3 0 】

次に、例えば CMP 法により、前駆絶縁層 1 5 P の表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図 4 に示したように、薄膜コイル 1 4 等を埋設する絶縁膜 1 5 が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも磁路接続部 1 2 B が露出するまで行う。

【 0 0 3 1 】

次に、図 4 に示したように、例えば R I E またはイオンミリングにより、コイル接続部 1 4 S の上方を覆っている絶縁膜 1 5 を部分的にエッチングして開口部 1 5 K を形成する。

【 0 0 3 2 】

次に、図4に示したように、薄膜コイル14の上方における平坦な絶縁膜15上に、例えば電解めっき法により、例えば銅よりなる第2層目の薄膜コイル16を約 $0.8\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。薄膜コイル16を形成する際には、同時に、その内側の終端部となるコイル接続部16Sを開口部15Kにおけるコイル接続部14Sの露出面上に薄膜コイル16と一体に形成する。薄膜コイル14と薄膜コイル16とは、開口部15Kにおいて、コイル接続部14S、16Sを介して電氣的に接続される。ここで、薄膜コイル14、16およびコイル接続部14S、16Sが、本発明における「薄膜コイル」の一具体例に対応する。

【0033】

次に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、薄膜コイル14等を覆うように、例えば有機系のフォトレジスト膜を約 $2.0\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成したのち、このフォトレジスト膜に対して、例えば、 $200^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図4に示したように、薄膜コイル16等を埋設する絶縁膜17が選択的に形成される。絶縁膜17を形成する際には、磁路接続部12Bの表面を覆わないようにする。ここで、絶縁膜13、15、17が、本発明における「絶縁層」の一具体例に対応する。

【0034】

次に、図5および図9に示したように、上部ポールチップ12Aの後方領域上から絶縁膜17上を経て磁路接続部12Bの近傍領域上に至る領域に、例えばフレイムめっき法により、高飽和磁束密度を有する磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部ヨーク12Cを約 $2.5\mu\text{m}\sim 3.5\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。なお、パーマロイとしては、Ni：80重量％、Fe：20重量％の組成やNi：45重量％、Fe：55重量％の組成を有するものを用いるようにする。

【0035】

上部ヨーク12Cを形成する際には、例えば、後述する図10に示したように、ヨーク部12C(1)および接続部12C(2)を含むようにする。また、例えば、接続部12C(2)の前端の位置が、上部ポールチップ12Aにおける先端部12A(1)と中間部12A(2)との連結位置I1よりも後退するようにすると共に

、ヨーク部 1 2 C (1) と接続部 1 2 C (2) との連結位置 I 2 が絶縁膜 1 7 の前端の位置と一致するようにする。上部ヨーク 1 2 C は、その後方部分において、磁路接続部 1 2 B を介して下部磁極 8 と磁氣的に連結されると共に、その前方部分において、上部ポールチップ 1 2 A の後方の一部と部分的にオーバーラップして磁氣的に連結される。すなわち、上部磁極 1 2 (上部ポールチップ 1 2 A, 磁路接続部 1 2 B, 上部ヨーク 1 2 C) と下部磁極 8 とが接続されることにより、磁束の伝播経路、すなわち磁路が形成される。なお、上部ヨーク 1 2 C の構造的特徴については後述する。ここで、上部ポールチップ 1 2 A, 磁路接続部 1 2 B, 上部ヨーク 1 2 C によって構成される上部磁極 1 2 が、本発明における「第 2 の磁性層」の一具体例に対応する。

【 0 0 3 6 】

次に、図 5 に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層 1 8 を約 $20\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ の厚みで形成する。

【 0 0 3 7 】

最後に、図 6 に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面 7 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【 0 0 3 8 】

< 薄膜磁気ヘッドの構造 >

次に、図 1 0 を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造について説明する。

【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図 1 0 では、絶縁膜 1 3, 1 5, 1 7 およびオーバーコート層 1 8 等の図示を省略している。また、薄膜コイル 1 4 については、その最外周の一部のみを図示している。図 6 (A) は、図 1 0 における VIA-VIA 線に沿った矢視断面に相当する。なお、図 1 0 中の X, Y, Z 軸方向に関するそれぞれの表記については、図 1 ～図 9 の場合と同様とする。

【 0 0 4 0 】

絶縁膜パターン 1 1 の前端の位置は、記録ヘッドの性能を決定する因子のうちの 1 つであるスロートハイト (TH) を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) である。スロートハイト (TH) は、絶縁膜パターン 1 1 の前端の位置 (TH0 位置) からエアベアリング面 7 0 までの長さとして規定される。

【 0 0 4 1 】

上部ポールチップ 1 2 A は、上記したように、エアベアリング面 7 0 から順に、先端部 1 2 A (1)、中間部 1 2 A (2) および後端部 1 2 A (3) を含んでいる。これらの各部位は、例えば、いずれも矩形状の平面形状を有しており、各部位の幅は、先端部 1 2 A (1)、中間部 1 2 A (2) および後端部 1 2 A (3) の順に大きくなっている。先端部 1 2 A (1) と中間部 1 2 A (2) との連結部分には幅方向の段差が形成されており、この段差部における段差面と先端部 1 2 A (1) の側縁面とが交わるコーナー部における角度 α は、例えば 90 度である。なお、このコーナー部の角度 α は必ずしもこれに限られるものではなく、例えば 90 度ないし 120 度の範囲内となるようにするのが好適である。角度 α を上記の範囲内とすることにより、中間部 1 2 A (2) から先端部 1 2 A (1) に流入する磁束の流れを円滑化させることができるからである。

【 0 0 4 2 】

上部ヨーク 1 2 C は、上記したように、薄膜コイル 1 4、1 6 により発生した磁束を収容するヨーク部 1 2 C (1) および上部ポールチップ 1 2 A と磁氣的に連結する接続部 1 2 C (2) を含んでいる。ヨーク部 1 2 C (1) の幅は、例えば、その後方部においてほぼ一定であり、その前方部においてエアベアリング面 7 0 に近づくにつれて徐々に狭まっている。接続部 1 2 C (2) は、例えば、矩形状の平面形状を有しており、その幅は後端部 1 2 A (3) の幅よりも大きくなっている。上部ポールチップ 1 2 A および上部ヨーク 1 2 C のそれぞれを構成する各部位の幅方向の中心は、互いに一致している。

【 0 0 4 3 】

薄膜コイル 1 4、1 6 は、上記したように、渦巻状の平面形状を有する巻線体

である。薄膜コイル 1 4 の外側の終端部をなす端子 1 4 X と薄膜コイル 1 6 の外側の終端部をなす端子 1 6 X とは、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル 1 4, 1 6 を通電させることが可能になっている。

【 0 0 4 4 】

＜薄膜磁気ヘッドの作用＞

この薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル 1 4, 1 6 に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク 1 2 C 内をヨーク部 1 2 C (1) から接続部 1 2 C (2) へ伝播したのち、上部ポールチップ 1 2 A の後端部 1 2 A (3) に流入する。後端部 1 2 A (3) に流入した磁束は、中間部 1 2 A (2) を経由して先端部 1 2 A (1) へ伝播し、先端部 1 2 A (1) のエアベアリング面 7 0 側の先端部分に到達する。先端部 1 2 A (1) の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層 1 0 近傍の外部に記録用の信号磁界が発生し、この信号磁界により、記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

【 0 0 4 5 】

一方、再生時においては、再生ヘッド部の MR 膜 6 にセンス電流を流す。MR 膜 6 の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

【 0 0 4 6 】

＜第 1 の実施の形態の効果＞

本実施の形態では、極微小な一定幅 W 1 を有するように上部ポールチップ 1 2 A の先端部 1 2 A (1) を形成したのち、この先端部 1 2 A (1) をマスクとして、R I E により記録ギャップ層 1 0 および下部磁極 8 の双方を選択的に除去することにより磁極部分 1 0 0 を形成するようにしているので、以下のような理由により、磁極部分 1 0 0 の幅（磁極幅）をその長さ方向に沿って高精度に一定とし、薄膜磁気ヘッドの製造時における歩留りを向上させることができる。

【 0 0 4 7 】

図11は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における利点を説明するためのものである。図11において、(A)は本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法(RIE)により形成された磁極部分100周辺(上部ポールチップ12A)の平面構造、(B)は従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法(イオンミリング)により形成された磁極部分100周辺の平面構造をそれぞれ拡大して表している。

【0048】

薄膜磁気ヘッドを製造する場合には、特に、安定した記録トラック密度を確保するために、磁極幅をその長さ方向に沿って高精度に一定とする必要がある。しかしながら、図11(B)に示した従来の場合には、磁極部分100を形成するためのエッチング方法としてイオンミリングを用いているため、磁極幅は、例えば、後工程においてエアベアリング面となる側(図中の下側)に向かうにつれて幅 W_1 よりも徐々に小さくなってしまふ。なぜなら、例えば、上部ポールチップ12A等を図中のZ軸を中心として回転させ、Z軸に対して $40^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の範囲内の角度をなすような方向からイオンビームを照射すると、大きな面積を有する中間部12A(2)および後端部12A(3)がイオンビームに対する障壁として作用し、先端部12A(1)の後方領域に対するイオンビームの照射量が低下するため、先端部12A(1)周辺領域に対するイオンビームの照射量が先端部12A(1)の前方領域から後方領域にかけて徐々に小さくなるからである。イオンビームの照射量の差異によりエッチング量にも差異が生じ、これにより磁極幅が不均一になるのである。このような場合には、後工程におけるエアベアリング面を形成するための研磨処理時において、磁極部分100の前方領域を研磨すると、例えば、位置P1まで研磨した場合の磁極幅は W_2 ($W_2 < W_1$)、位置P2まで研磨した場合の磁極幅は W_3 ($W_3 < W_1$)となり、研磨位置によって磁極幅が変動することとなる。研磨位置に依存する磁極幅の変動は、薄膜磁気ヘッドにおける記録トラック密度特性のばらつきを誘発し、製造時における歩留りを低下させることとなる。

【0049】

これに対して、図11(A)に示した本実施の形態の場合には、エッチング方

法としてR I Eを用いているため、エッチング処理は垂直な方向（Z軸に平行な方向）から行われる。このため、イオンミリングを用いた従来の場合とは異なり、長さ方向における位置によってエッチング量の差異が生じることなく先端部12 A (1) の周辺領域が均一にエッチングされ、磁極部分100の長さ方向における全域に渡って磁極幅は高精度に一定（W1）となる。このような場合には、エアベアリング面を形成するための研磨処理時における研磨位置（P1，P2）によって磁極幅が変動することなく、安定した記録トラック密度が確保され、製造時における歩留りを向上させることができる。

【0050】

しかも、一般に、R I Eを用いた場合のエッチング速度は、イオンミリングを用いた場合のエッチング速度よりも速い。このため、エッチング方法としてR I Eを用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、エッチング処理を短時間で行うことができる。

【0051】

さらに、比較的硬い特性を有するアルミナよりなる記録ギャップ層10に対するエッチング条件と比較的軟らかい特性を有する窒化鉄よりなる下部磁極8に対するエッチング条件とを別個に設定し、それぞれの材料に対するエッチング処理の化学反応が促進されるようにエッチング条件を適正化しているため、エッチング処理をより高精度かつ短時間で行うことができる。上記したように、加工温度としては30°C～300°Cの範囲内とすることが好ましい。なぜなら、30°Cより低い加工温度ではエッチング速度が遅すぎ、生産性（単位時間当たりの薄膜磁気ヘッドの製造数）が低下するからである。一方、300°Cより高い加工温度では、エッチング量が不均一になると共に、高温の影響によりMR膜6の磁気抵抗効果特性が劣化（具体的には、抵抗変化率が低下）し、その出力が低下するからである。特に、加工温度を150°C～250°Cの範囲内とすることにより、記録ギャップ層10および下部磁極8の双方に対するエッチング量が均一になると共にエッチング速度も適正化され、生産性および歩留りの観点において好ましい。

【0052】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 A の形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金 (C o N i F e) を用いるようにしている。一般に、この鉄ニッケルコバルト合金は、窒化鉄等の磁性材料やアルミナ等の無機絶縁材料よりも硬い磁性材料であるため、鉄ニッケルコバルト合金に対するエッチング速度は、窒化鉄やアルミナに対するエッチング速度よりも遅くなる。具体的には、例えば、鉄ニッケルコバルト合金よりなる上部ポールチップ 1 2 A に対するエッチング量は、窒化鉄よりなる下部磁極 8 やアルミナよりなる記録ギャップ層 1 0 に対するエッチング量の約 5 0 % ~ 7 0 % となる。このため、エッチング処理時において、記録ギャップ層 1 0 および下部磁極 8 に対するエッチング量よりも上部ポールチップ 1 2 A に対するエッチング量を小さくし、上部ポールチップ 1 2 A の膜減りを抑制することができる。ただし、エッチング処理による上部ポールチップ 1 2 A の「膜減り」が生じないわけではないので、上部ポールチップ 1 2 A を形成する場合には、その厚みを必要かつ十分に確保するのが好ましい。上部ポールチップ 1 2 A に対するエッチング量 (膜減り量) は、エッチングガスの種類や加工温度などのエッチング条件を変更することにより調整可能である。

【 0 0 5 3 】

なお、上部ポールチップ 1 2 A の形成材料としての鉄ニッケルコバルト合金は、完成後における上部ポールチップ 1 2 A の膜厚が適度に薄い場合 (例えば 3 . 0 μ m 以下) にのみ使用するのが好ましい。なぜなら、例えば、鉄ニッケルコバルト合金を形成材料として用いて、3 . 0 μ m よりも大きい厚みを有する上部ポールチップ 1 2 A を形成しようとする、内部応力の蓄積に起因して鉄ニッケルコバルト合金が部分的に割れたり、剥がれてしまい、上部ポールチップ 1 2 A を正常に形成することが困難だからである。本実施の形態では、約 1 . 5 μ m ~ 2 . 5 μ m の範囲内の厚みを有するように上部ポールチップ 1 2 A を形成しているので、鉄ニッケルコバルト合金などの硬い磁性材料を用いた場合においても、上記の「割れ」または「剥がれ」等を回避し、上部ポールチップ 1 2 A の形成を安定化させることができる。

【 0 0 5 4 】

また、本実施の形態では、絶縁膜 1 5 の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いるようにしたので、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、前駆絶縁層 1 5 P の表面を研磨する際に CMP 研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。

【 0 0 5 5 】

また、本実施の形態では、下部磁極 8 および上部ポールチップ 1 2 A の形成材料として、共に高飽和磁束密度を有する磁性材料（例えば、窒化鉄および鉄ニッケルコバルト合金）を用いるようにしたので、記録密度を高めるために磁極幅を極微小化した場合においても、磁束の飽和現象が抑制され、磁束の伝播が円滑化される。これにより、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) の先端部まで十分な量の磁束が供給されるため、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施の形態では、図 6 に示したように、上部ヨーク 1 2 C と上部ポールチップ 1 2 A とがオーバーラップするオーバーラップ領域 1 2 R に、記録ギャップ層 1 0 に隣接するように絶縁膜パターン 1 1 の一部を配設しているため、以下のような理由により、この点においても優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。すなわち、上部磁極 1 2 内を流れる磁束の伝播過程において、オーバーラップ領域 1 2 R では、上部ヨーク 1 2 C の接続部 1 2 C (2) から上部ポールチップ 1 2 A の後端部 1 2 A (3) へ向かう下向きの磁束の流れが生じる。ここで、オーバーラップ領域 1 2 R に配設されている非磁性材料よりなる絶縁膜パターン 1 1 の一部は、磁束の遮蔽材として機能し、その上方領域から下方領域に向かう磁束の流れを抑制することとなる。このため、接続部 1 2 C (2) から後端部 1 2 A (3) へ流入した磁束が記録ギャップ層 1 0 を通過して下部磁極 8 へ伝播すること（磁束の漏れ）を抑制することができる。したがって、上部磁極 1 2 内の磁束の伝播過程において、「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝播ロスが抑制され、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) の先端部分まで必要十分な量の磁束を供給することができる。なお、絶縁膜パターン 1 1 の一部は、上部磁極 1 2

から下部磁極 8 へ磁束が伝播することを抑制すると同時に、下部磁極 8 から上部磁極 1 2 へ磁束が伝播することも抑制することができる。

【 0 0 5 7 】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 A を構成する後端部 1 2 A (3) , 中間部 1 2 A (2) , 先端部 1 2 A (1) の各部位の幅がこの順に小さくなるようにしているので、各部位の磁気ボリューム、すなわち、各部位の内部に収容可能な磁束の許容量もまた同じ順に小さくなる。このため、上部ポールチップ 1 2 A に流入した磁束は、後端部 1 2 A (3) から先端部 1 2 A (1) まで伝播する過程において、磁気ボリュームの段階的な減少に応じて段階的に収束され、磁束の伝播過程における磁束の飽和減少が抑制される。これにより、先端部 1 2 A (1) には十分な量の磁束が供給されるため、この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。

【 0 0 5 8 】

< 第 1 の実施の形態に関する変形例 >

なお、本実施の形態では、図 8 に示したように、磁極部分 1 0 0 を形成する場合に、下部磁極 8 のうち、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) と中間部 1 2 A (2) との連結位置 I 1 よりも前方の領域に対して選択的にエッチング処理を施すようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、エッチング処理を施す範囲は自由に設定可能である。例えば、図 1 2 および図 1 3 に示したように、下部磁極 8 のほぼ全域に渡ってエッチング処理を施すようにしてもよい。ここで、図 1 2 は、本実施の形態の薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例としての薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を表すものであり、図 8 に対応するものである。また、図 1 3 は、図 1 2 に示した変形例としての薄膜磁気ヘッドの製造方法により形成された薄膜磁気ヘッドの断面構造を表すものであり、図 6 に対応するものである。このような場合には、薄膜コイル 1 4 が形成される下地（絶縁膜 1 3）の表面の位置が、上記実施の形態の場合（図 6 参照）における下地の表面の位置よりも低くなる。これにより、薄膜コイル 1 4 の上方に十分な厚みを有する絶縁膜 1 5 を形成しつつ、上部ポールチップ 1 2 A の厚みを薄くすることが可能となる。したがって、上記した上部ポールチップ 1 2 A の材質（

鉄ニッケルコバルト合金)と形成厚みとの関係により、上部ポールチップ12Aの形成をより安定化させることができる。なお、図13において、上記した点以外の構造は図6に示した場合と同様である。

【0059】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層10の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層10の形成材料としては、アルミナその他、例えば窒化アルミニウム(AlN)、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル(Ta)、チタニウム(Ti)、タングステン(TiW)、窒化チタン(TiN)などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層10の形成方法としては、スパッタリングの他、CVD(Chemical Vapor Deposition)法を用いるようにしてもよい。このような方法を用いて記録ギャップ層10を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層10を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層10の厚みを薄くした場合に有益である。

【0060】

また、本実施の形態では、スパッタリングおよび研磨処理を用いて絶縁膜15を形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、CVD(Chemical Vapor Deposition)法および研磨処理を用いて絶縁膜15を形成するようにしてもよい。CVD法を用いることにより、薄膜コイル14の各巻線間にアルミナを隙間なく埋め込むことができる。

【0061】

また、本実施の形態では、図9に示したように、上部ポールチップ12Aにおける先端部12A(1)と中間部12A(2)との連結位置I1に絶縁膜パターン11の前端の位置を一致させるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、絶縁膜パターン11の前端の位置を自由に設定することが可能である。例えば、図14に示したように、絶縁膜パターン11の配設領域を前方に拡張させ、その前端が先端部12A(1)の延在領域内に位置するようにしてもよい。絶縁膜

パターン 1 1 の前端の位置 (T H 0 位置) を変更することにより、スロートハイ
ト (T H) を調整することができる。

【 0 0 6 2 】

また、本実施の形態では、薄膜コイル 1 4 の内側の終端部にコイル接続部 1 4
S を配設し、薄膜コイル 1 6 の内側の終端部にコイル接続部 1 6 S を配設するよ
うにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、それぞれの薄膜コ
イル (1 4, 1 6) の外側の終端部にコイル接続部 (1 4 S, 1 6 S) を配設す
るようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ
同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 3 】

[第 2 の実施の形態]

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。

【 0 0 6 4 】

まず、図 1 5 ～図 2 2 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気
ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図 1 5
～図 1 9 において、(A) はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B) は磁
極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図 2 0 ～図 2 2 は、主要
な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図 2 0 は図 1 7 に示した状態に対
応し、図 2 1 は図 1 8 に示した状態に対応し、図 2 2 は図 1 9 に示した状態に対
応する。ただし、図 2 2 では、図 1 9 における絶縁膜 1 3, 1 5, 1 7、薄膜コ
イル 1 4, 1 6 およびオーバーコート層 1 8 等の図示を省略している。なお、図
1 5 ～図 2 2 において、各図中の X, Y, Z 軸方向に関する表記は、上記第 1 の
実施の形態の場合と同様とする。また、各図中において、上記第 1 の実施の形態
における構成要素と同一部分には同一の符号を付し、その形成材料、形成方法お
よび構造的特徴等は適宜省略する。

【 0 0 6 5 】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図 1 5 における下部
磁極 8 を形成するところまでの工程は、上記第 1 の実施の形態における図 1 に示
した同工程までと同様である。

【 0 0 6 6 】

本実施の形態では、下部磁極 8 を形成したのち、図 1 5 に示したように、下部磁極 8 上の所定の位置に、無機材料、例えばアルミナよりなるマスク 8 0 A、8 0 B を選択的に形成する。マスク 8 0 A、8 0 B を形成する際には、それぞれの形成領域が後述する絶縁膜パターン 9 0 (図 1 7 および図 2 3 参照) の形成領域以外の領域を占めるようにする。なお、マスク 8 0 A、8 0 B の形成材料としては、上記したアルミナの他、窒化アルミニウムなどを用いるようにしてもよい。

【 0 0 6 7 】

次に、マスク 8 0 A、8 0 B を用いて、例えばイオンミリングにより、全体にエッチング処理を施す。このエッチング処理により、下部磁極 8 のうち、マスク 8 0 A、8 0 B の配設領域以外の領域が選択的に掘り下げられ、図 1 6 に示したように、窪み領域 8 M が形成される。窪み領域 8 M を形成する際には、例えば、その深さが約 $0.5 \mu\text{m}$ ~ $0.8 \mu\text{m}$ となるようにする。

【 0 0 6 8 】

ここで、マスク 8 0 A、8 0 B の形成は、例えば、以下のような手順により行う。すなわち、まず、例えばスパッタリングにより、下部磁極 8 の表面を覆うようにアルミナ層を形成する。続いて、このアルミナ層上に、例えばフレイムめっき法により、例えばパーマロイ (Ni : 8 0 重量%, Fe : 2 0 重量%) よりなるマスクを形成する。このとき形成するマスクの平面形状は、最終的に形成するマスク 8 0 A、8 0 B の平面形状とほぼ同様となるようにする。続いて、パーマロイよりなるマスクを用いて、例えば R I E によりアルミナ層をエッチングすることによりマスク 8 0 A、8 0 B を形成する。

【 0 0 6 9 】

次に、図 1 6 に示したように、窪み領域 8 M およびその周辺領域を覆うように、例えばアルミナよりなる前駆絶縁層 9 0 P を約 $4.0 \mu\text{m}$ の厚みで形成する。

【 0 0 7 0 】

次に、例えば CMP 法により、前駆絶縁層 9 0 P の表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図 1 7 に示したように、窪み領域 8 M を埋め込む絶縁膜パターン 9 0 が形成される。絶縁膜パターン 9 0 を形成するための研磨処理

は、下部磁極 8 が露出するまで行う。絶縁膜パターン 9 0 の前端の位置は、スロートハイト (TH) を決定するための基準の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置 (TH0 位置) となる。

【0071】

次に、図 1 7 に示したように、下部磁極 8 上に、開口部 1 0 K を有する記録ギャップ層 1 0 を約 $0.1\mu\text{m}$ ~ $0.15\mu\text{m}$ の厚みで形成する。

【0072】

次に、図 1 7 および図 2 0 に示したように、記録ギャップ層 1 0 における前方領域上に、上部ポールチップ 1 2 A を約 $1.5\mu\text{m}$ ~ $2.5\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。このとき、例えば、上部ポールチップ 1 2 A が下部磁極 8 の上方領域から絶縁膜パターン 9 0 の上方領域に渡って延在するようにすると共に、先端部 1 2 A (1) と中間部 1 2 A (2) との連結位置 I 1 が絶縁膜パターン 9 0 の前端の位置と一致するようにする。上部ポールチップ 1 2 A を形成する際には、同時に、開口部 1 0 K における下部磁極 8 の露出面上に磁路接続部 1 2 B を選択的に形成する。

【0073】

次に、例えば、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) と中間部 1 2 A (2) との連結位置 I 1 よりも後方の領域を覆うようにフォトレジスト膜 (図示せず) を選択的に形成する。このフォトレジスト膜の存在により、上記第 1 の実施の形態の場合とは異なり、後工程におけるエッチング処理時において、記録ギャップ層 1 0 のうち、上部ポールチップ 1 2 A よりも後方の領域がエッチングされることを防止することができる。次に、このフォトレジスト膜および上部ポールチップ 1 2 A をマスクとして、R I E により全体にエッチング処理を施す。エッチング処理を行う際には、例えば、上記第 1 の実施の形態において記録ギャップ層 1 0 および下部磁極 8 をエッチングした場合と同様に、エッチング条件 (エッチングガスのガス種、エッチングガスの供給量、加工温度等) を調整するようにする。このエッチング処理により、図 1 8 および図 2 1 に示したように、上部ポールチップ 1 2 A における先端部 1 2 A (1) と中間部 1 2 A (2) との連結位置 I 1 よりも前方側の領域において、記録ギャップ層 1 0 と、下部磁極 8 の厚み

方向における所定の位置までの部分とが選択的に除去され、極微小な一定幅 W_1 を有するようにトリム構造をなす磁極部分100が形成される。

【0074】

なお、磁極部分100を形成したのち、絶縁膜13を形成する工程以降の工程は、上記第1の実施の形態の場合と同様である。最終的に形成される薄膜磁気ヘッドの構造は、図19および図22に示した通りである。

【0075】

図23は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図23において、上記第1の実施の形態における図10に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。図19(A)は、図23におけるXIXA-XIXA線に沿った矢視断面に相当する。なお、図23中のX、Y、Z軸方向に関するそれぞれの表記については、図15～図22の場合と同様とする。

【0076】

絶縁膜パターン90は、薄膜コイル14、16の配設領域を含むように広い範囲に延在している。スロートハイト(TH)は、絶縁膜パターン90の前端の位置(TH0位置)からエアベアリング面70までの長さとして規定される。

【0077】

なお、図23に示した上記以外の構造物に関する構造的特徴は、上記第1の実施の形態の場合(図10参照)と同様である。

【0078】

本実施の形態では、CMP研磨後の平坦面上に上部ポールチップ12Aを形成するようにしたので、以下のような理由により、上部ポールチップ12Aを高精度に形成することができる。すなわち、例えば、凹凸構造を有する下地上にフレームめっき法を用いて上部ポールチップ12Aを形成する場合には、フレームパターンを形成するためのフォトリジスト膜に対する露光工程において、下地の表面から横方向または斜め方向に反射する反射光が生じるため、この反射光の影響によりフォトリジスト膜の露光領域が拡大または縮小し、フレームパターンを高精度に形成することが困難である。これに対して、本実施の形態では、平坦面上

に上部ポールチップ 1 2 A を形成しているため、露光時における反射光の悪影響を抑制し、特に、先端部 1 2 A (1) が極微小な一定幅 W 1 を有するように上部ポールチップ 1 2 A を高精度に形成することができる。

【 0 0 7 9 】

なお、本実施の形態では、上部ポールチップ 1 2 A および磁路接続部 1 2 B をフレームめっき法を用いて形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、図 2 4 および図 2 5 に示したように、下部磁極 8 を形成した場合と同様にスパッタリングおよびエッチング処理を用いるようにしてもよい。この場合には、まず、図 2 4 に示したように、記録ギャップ層 1 0 を形成したのち（図 1 参照）、全体を覆うように、スパッタリングにより、例えば窒化鉄よりなる前駆磁性層 1 1 2 A を約 $1.5 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成する。次に、前駆磁性層 1 1 2 A 上に、例えば、上記実施の形態においてマスク 8 0 A, 8 0 B を形成した場合とほぼ同様の形成材料および形成方法を用いて、マスク 8 1 A, 8 1 B を選択的に形成する。マスク 8 1 A, 8 1 B の平面形状は、それぞれ上部ポールチップ 1 2 A および磁路接続部 1 2 B の平面形状に対応する平面形状とする。次に、マスク 8 1 A, 8 1 B を用いて、例えば R I E により前駆磁性層 1 1 2 A をエッチングしてパターニングすることにより、図 2 5 に示したように、上部ポールチップ 1 2 A および磁路接続部 1 2 B を選択的に形成する。R I E により前駆磁性層 1 1 2 A をエッチングする際には、例えば、上記実施の形態において下部磁極 8 をエッチングした場合と同様に、塩素等を含むエッチングガスを用いると共に、加工温度を $30^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ （より好ましくは $150^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ ）の範囲内とする。これにより、上部ポールチップ 1 2 A および磁路接続部 1 2 B を高精度かつ短時間で形成することができる。なお、エッチング処理が完了した時点で、マスク 8 1 A, 8 1 B が残存するようにしてもよいし（図 2 5 参照）、残存しないようにしてもよい。マスク 8 1 A, 8 1 B が残存したとしても、これらは絶縁膜 1 5 を形成するための研磨工程（図 3 および図 4 参照）において研磨され、除去される。

【 0 0 8 0 】

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の工程

、作用、効果および変形例等は、上記第 1 の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。

【 0 0 8 2 】

例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【 0 0 8 3 】

また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部ポールチップ、上部ヨーク等）の平面形状は、必ずしも図 1 0 等にしたものに限られるものではなく、各磁性層部分の磁気ボリュームを適正化し、薄膜コイルで発生した磁束を先端部の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。

【 0 0 8 4 】

また、上記各実施の形態では、2 層のコイル構造を有する薄膜磁気ヘッドの構造について説明したが、薄膜コイルの層数を自由に変更することが可能である。特に、薄膜コイルの層数を増加させることにより、磁束の発生量を増加させることができる。

【 0 0 8 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも塩素を含むガス雰囲気、かつ 3 0 ° C ないし 3 0 0 ° C の範囲内の温度環境中において、第 2 の磁性層部分における一定幅部分をマスクとして、反応性イオンエッチ

ングにより、ギャップ層のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域を選択的に除去すると共に、第 1 の磁性層部分のうちの一定幅部分に対応する部分以外の領域をその厚み方向における所定の位置まで選択的に除去するようにしたので、エッチング方法としてイオンミリングを用いた場合よりも、一定幅部分の幅と同一の幅を有するようにギャップ層および第 1 の磁性層のそれぞれの一部を高精度かつ短時間で形成し、薄膜磁気ヘッドの製造時における歩留りを向上させることができる。

【 0 0 8 6 】

特に、請求項 5 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第 4 の工程において、ギャップ層の選択的除去を塩素および三塩化ボロンを含むガス雰囲気中において行い、第 1 の磁性層の選択的除去を塩素を含むガス雰囲気中において行うようにしたので、ギャップ層および第 1 の磁性層のそれぞれの材質に対する適正なエッチングガス雰囲気中においてエッチング処理が行われるため、エッチング処理をより短時間で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 2】

図 1 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3】

図 2 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4】

図 3 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 5】

図 4 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 6】

図 5 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】

図 1 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 8】

図 2 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 9】

図 5 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 1 0】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する作用を説明するための図である。

【図 1 2】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例を表す斜視図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示した斜視図に対応する断面図である。

【図 1 4】

本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する他の変形例を表す斜視図である。

【図 1 5】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 1 6】

図 1 5 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 7】

図 1 6 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 8】

図 1 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 9】

図 1 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 0】

図 1 7 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 1】

図 1 8 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 2】

図 1 9 に示した断面図に対応する斜視図である。

【図 2 3】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図 2 4】

本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例における一工程を表す断面図である。

【図 2 5】

図 2 4 に続く工程を説明するための断面図である。

【符号の説明】

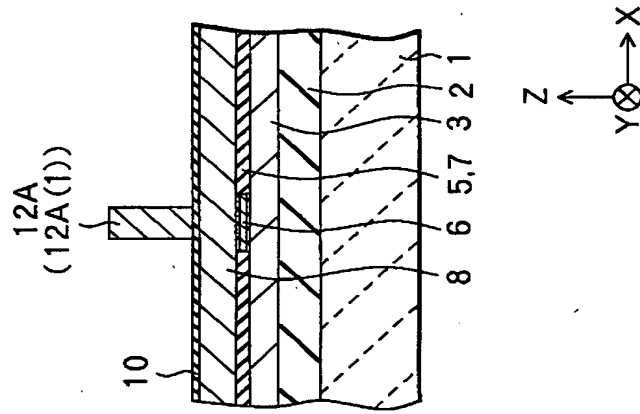
1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、4, 13, 15, 17…絶縁膜、5, 7…シールドギャップ膜、6…MR膜、8…下部磁極、8M…窪み領域、10…記録ギャップ層、11, 90…絶縁膜パターン、12…上部磁極、12A…上部ポールチップ、12A(1)…先端部、12A(2)…中間部、12A(3)…後端部、12B…磁路接続部、12C…上部ヨーク、12C(1)…ヨーク部、12C(2)…接続部、14, 16…薄膜コイル、14S, 16S…コイル接続部、15P, 90P…前駆絶縁層、18…オーバーコート層、80A, 80B, 81A, 81B…マスク、100…磁極部分、112A…前駆磁性層、TH…スロートハイト。

【書類名】

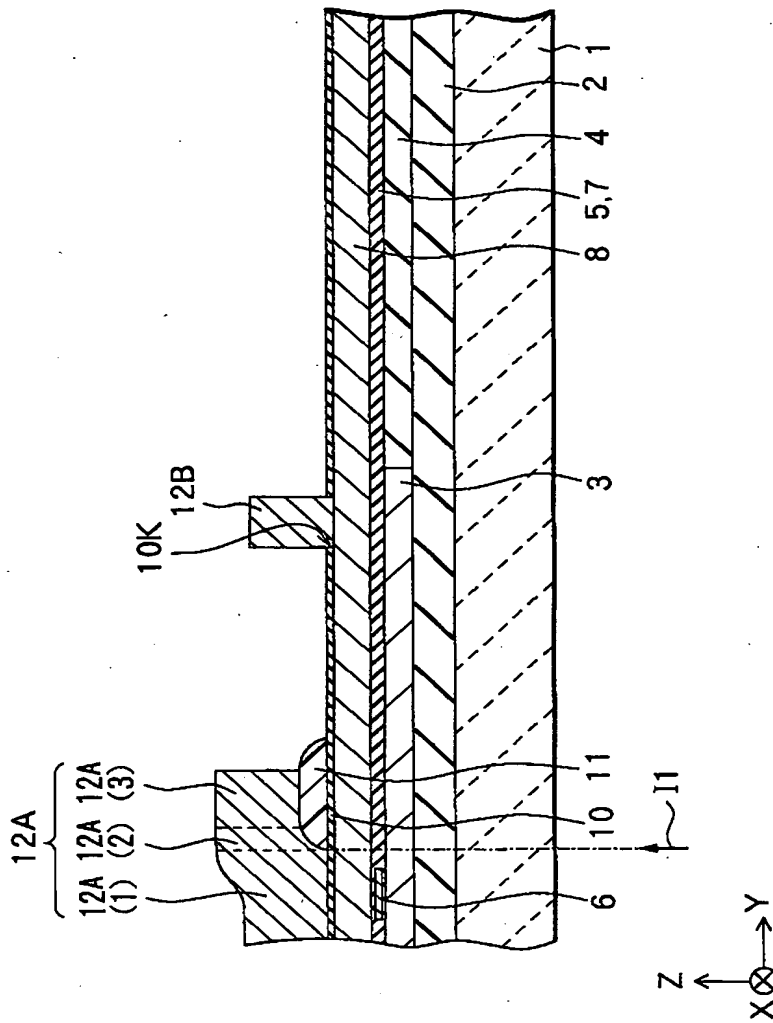
図面

【図 1】

(B)

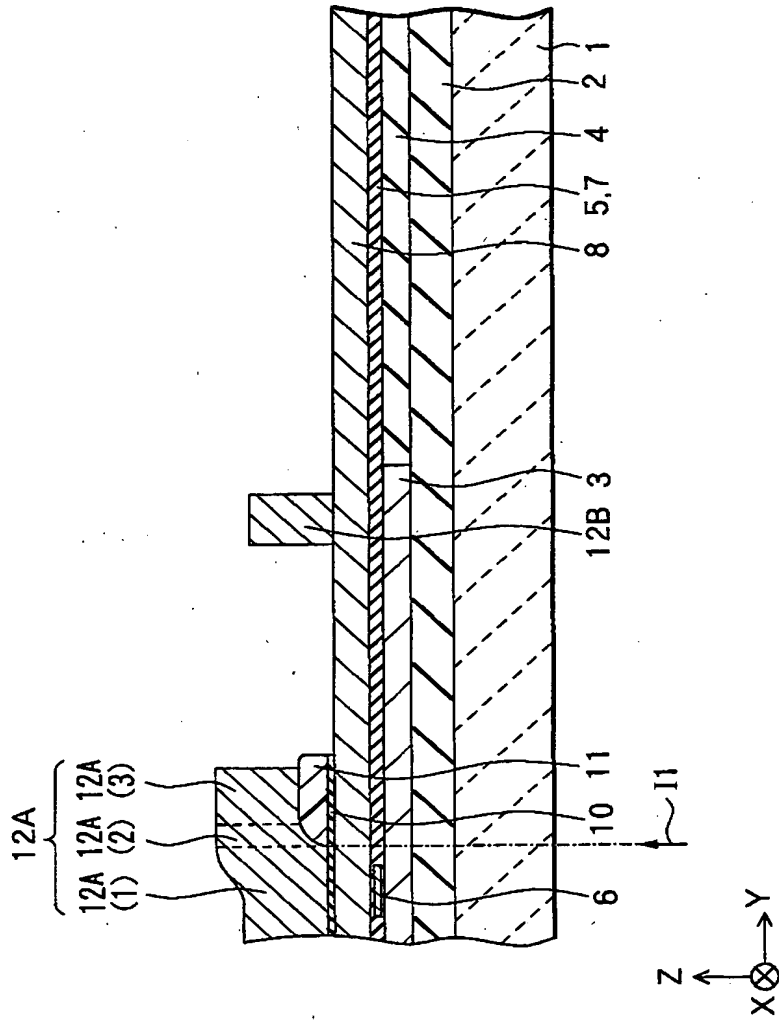


(A)

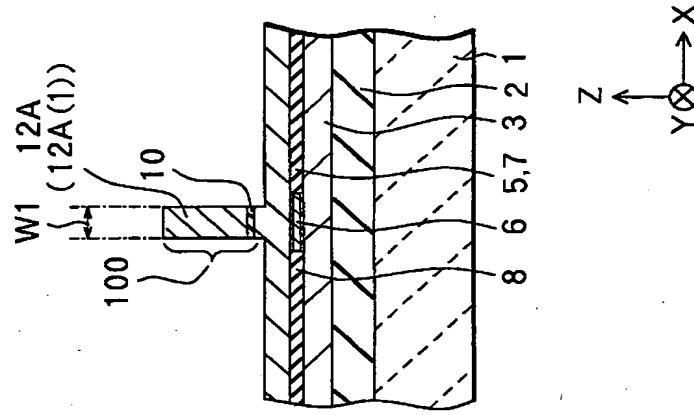


【図 2】

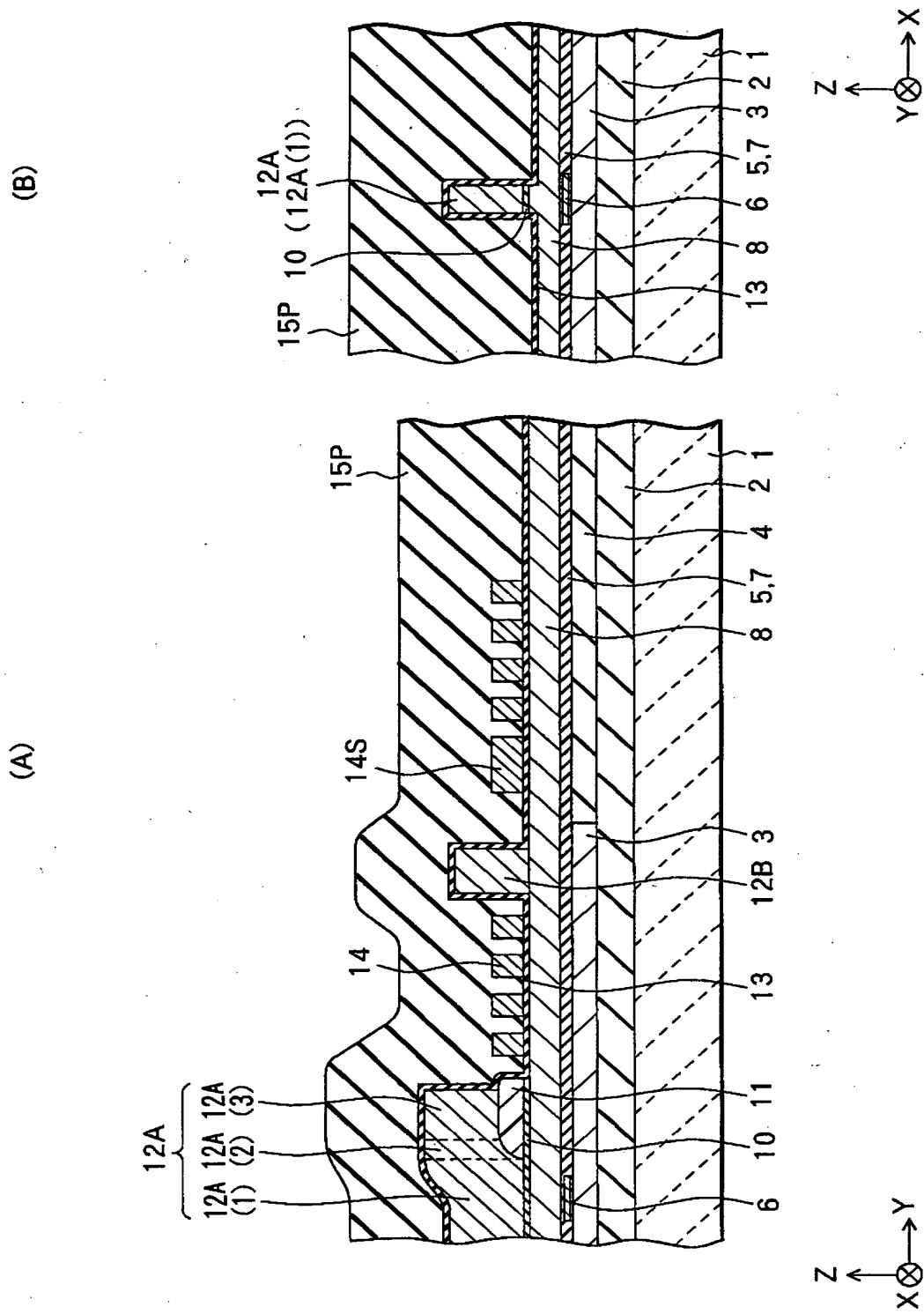
(A)



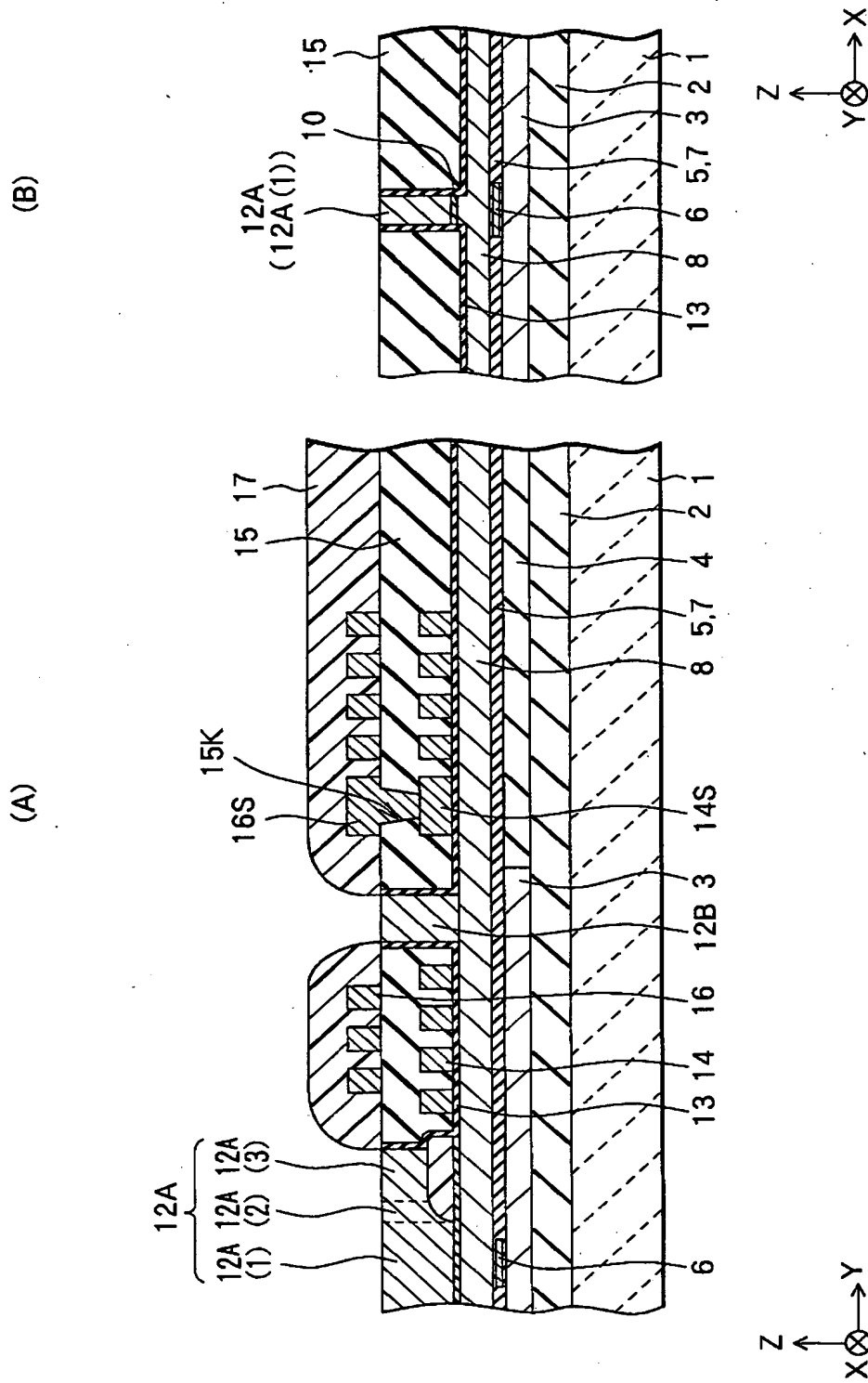
(B)



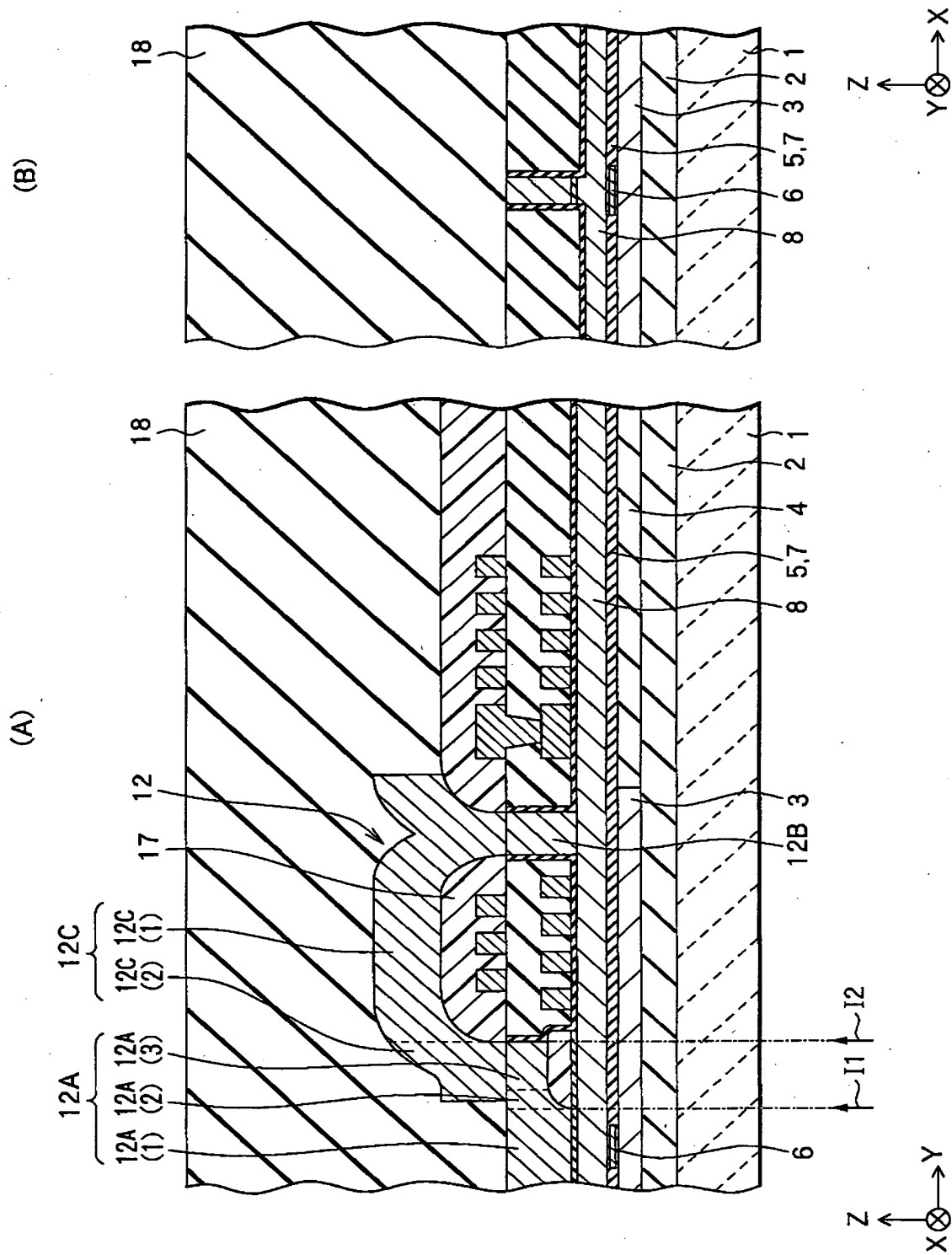
【図 3】



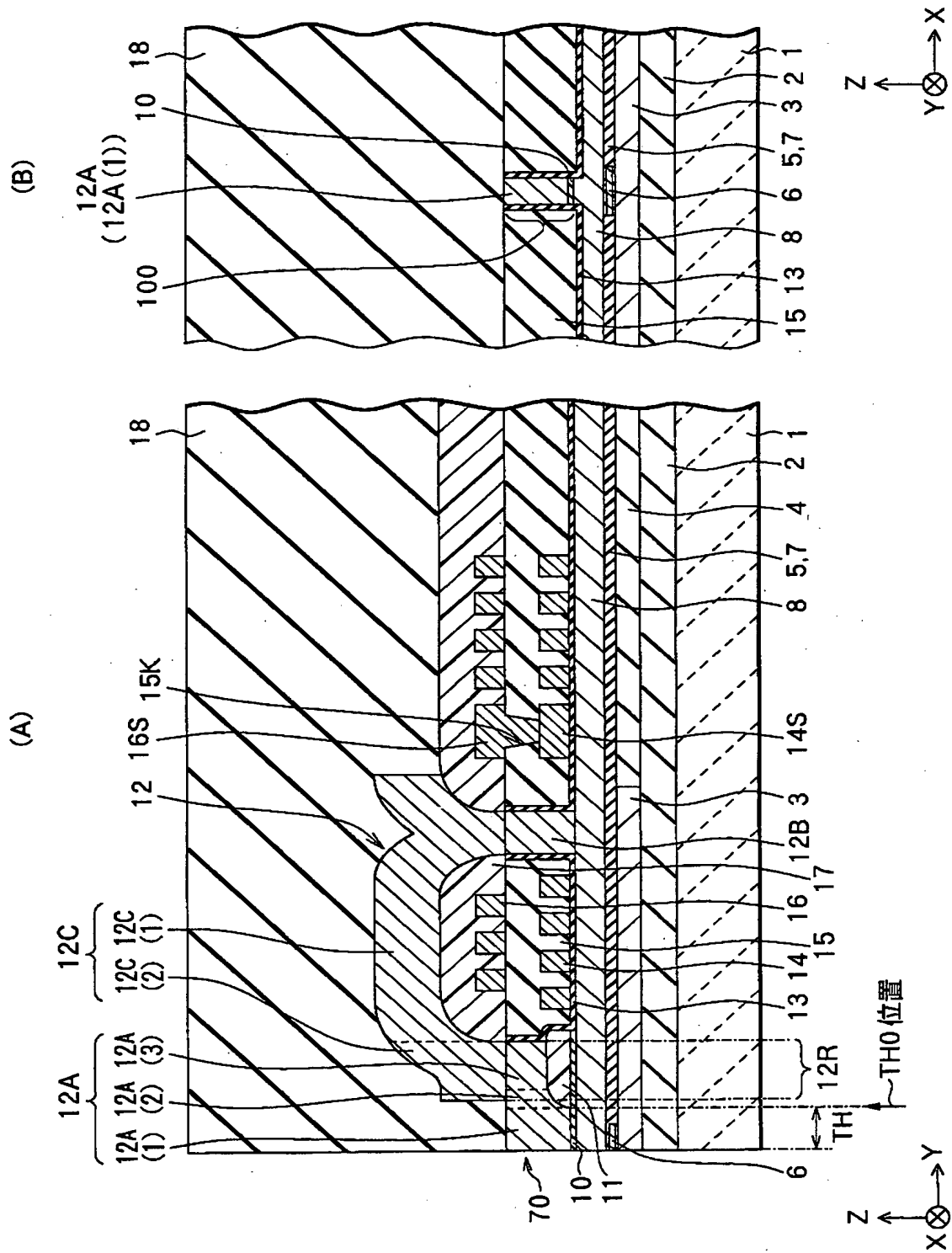
【図 4】



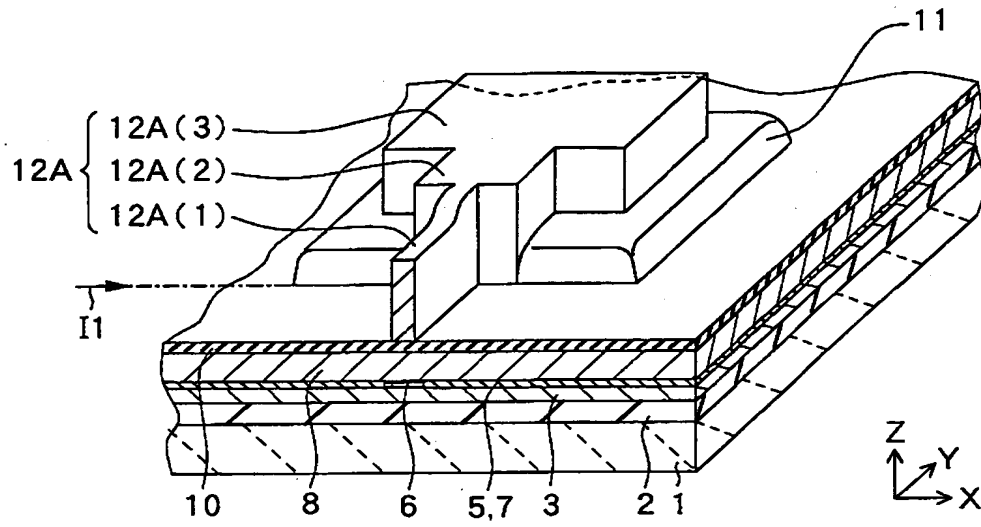
【図 5】



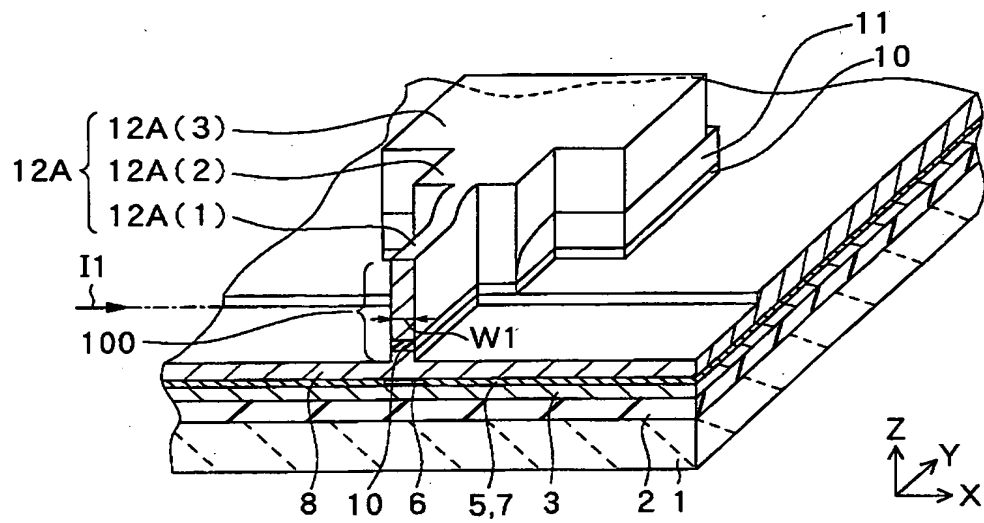
【図 6】



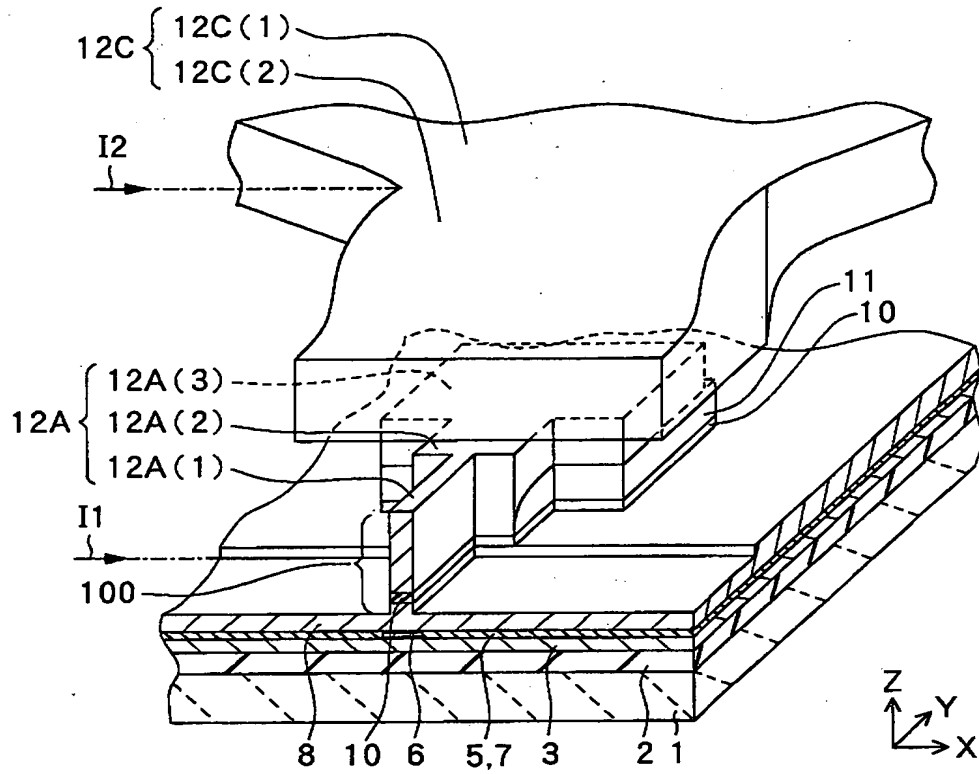
【図 7】



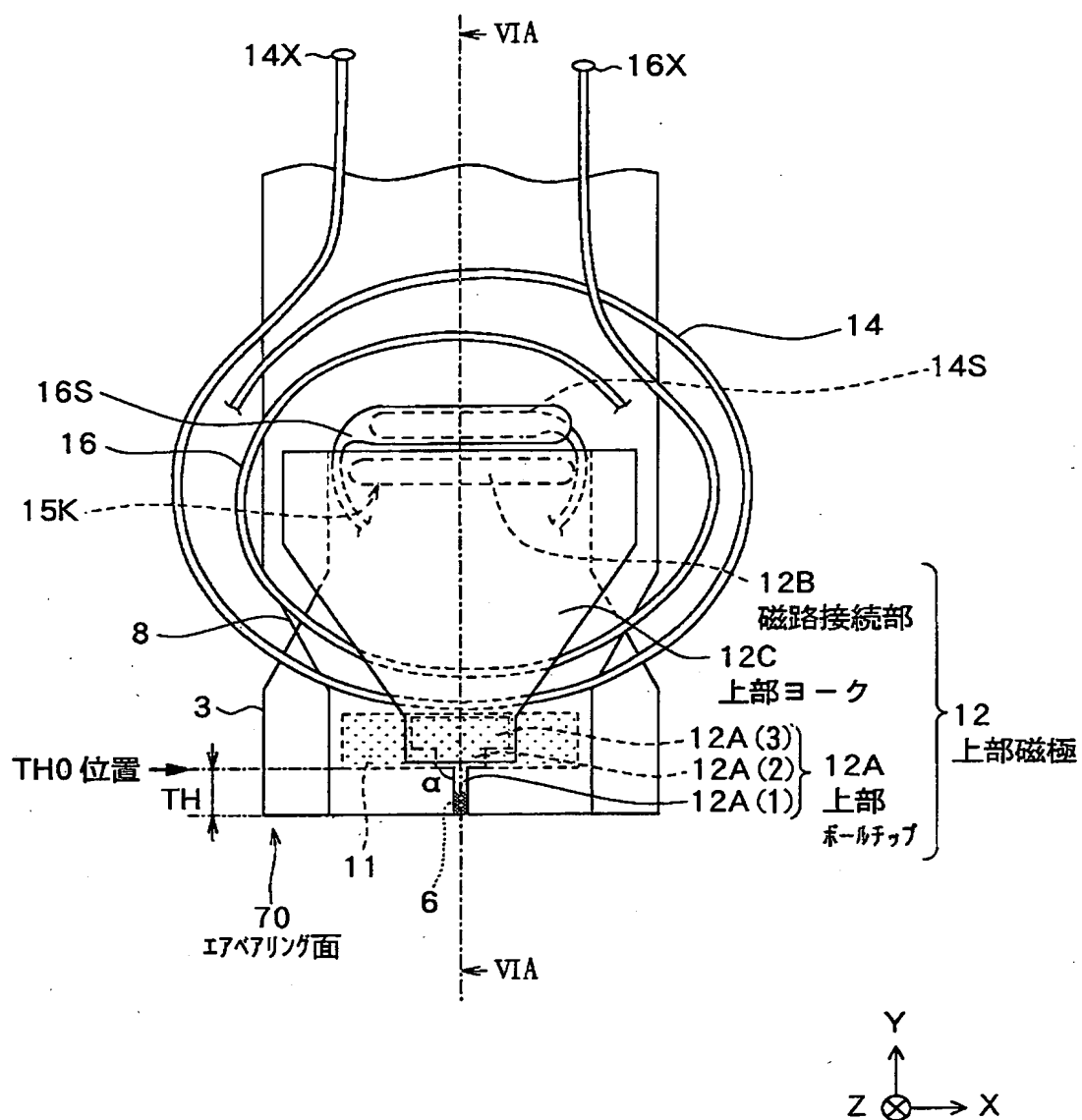
【図 8】



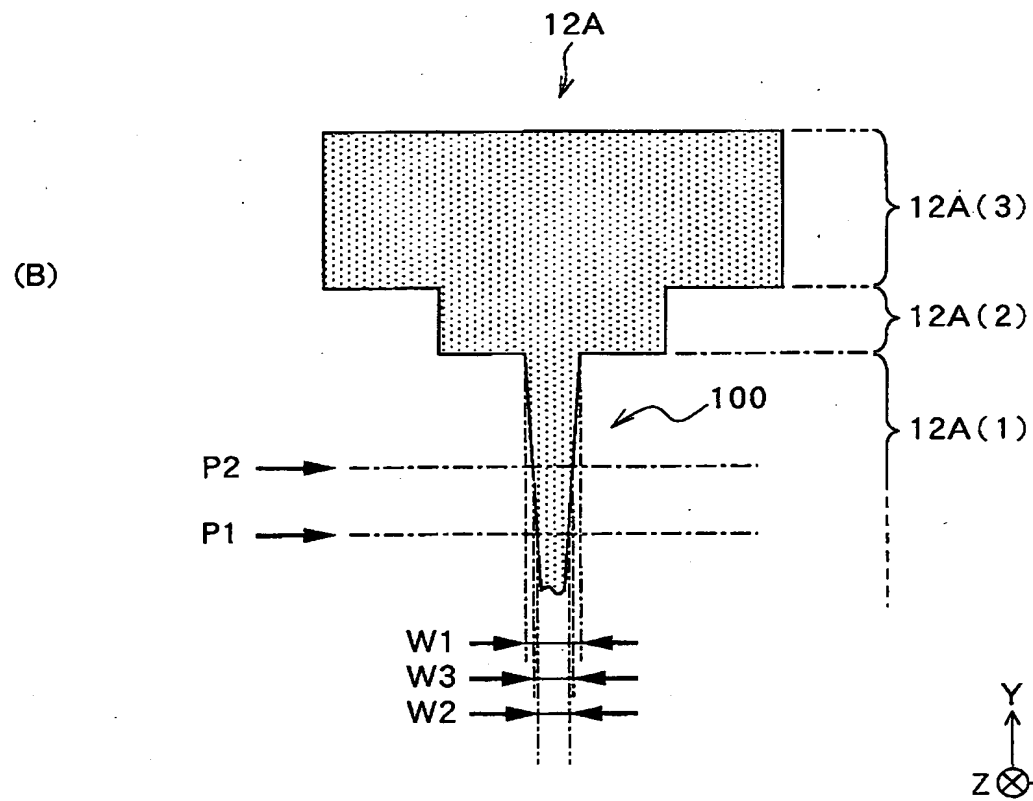
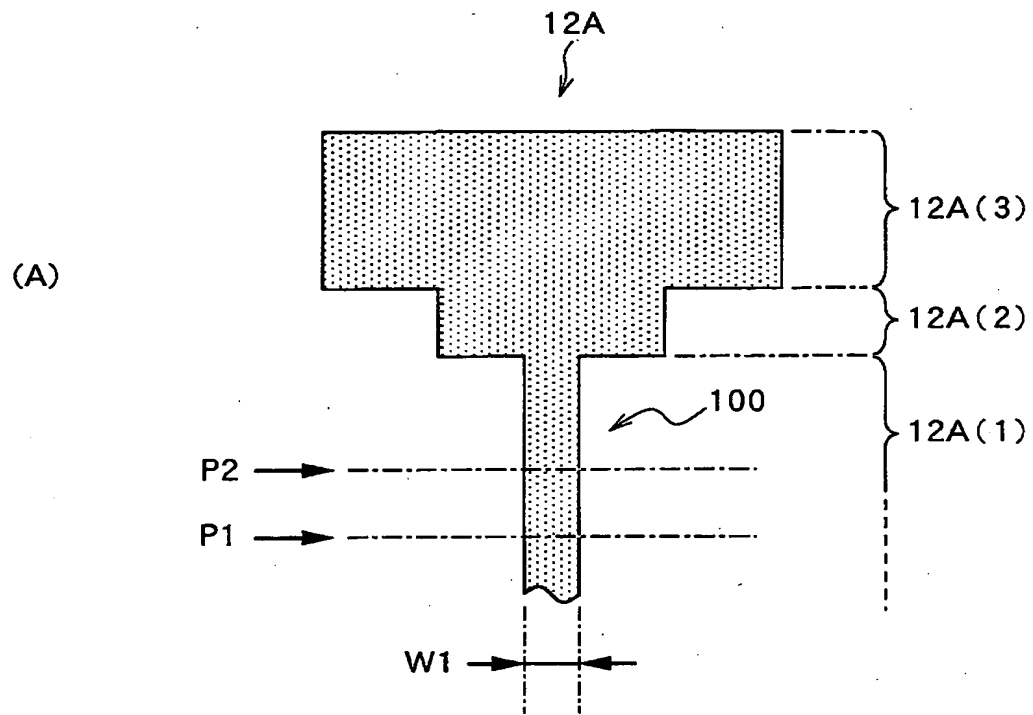
【図 9】



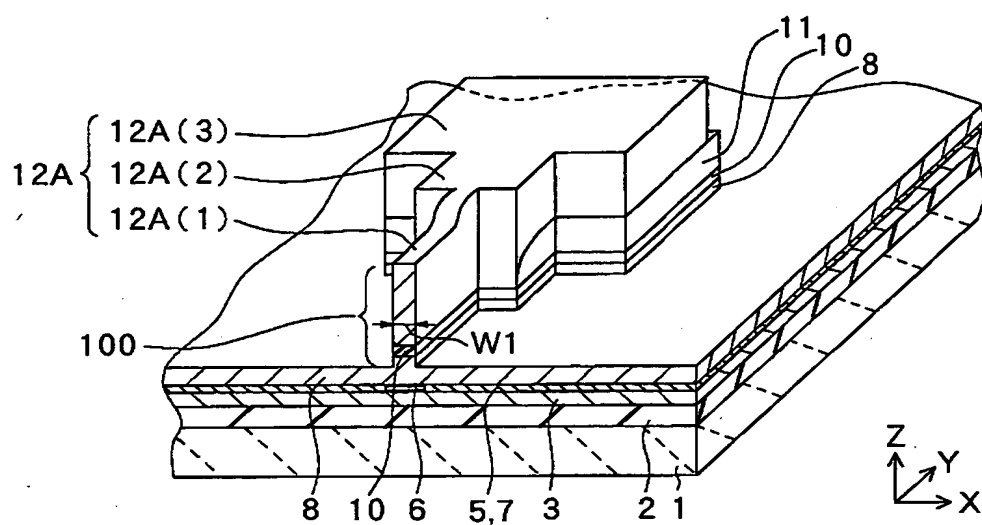
【図 10】



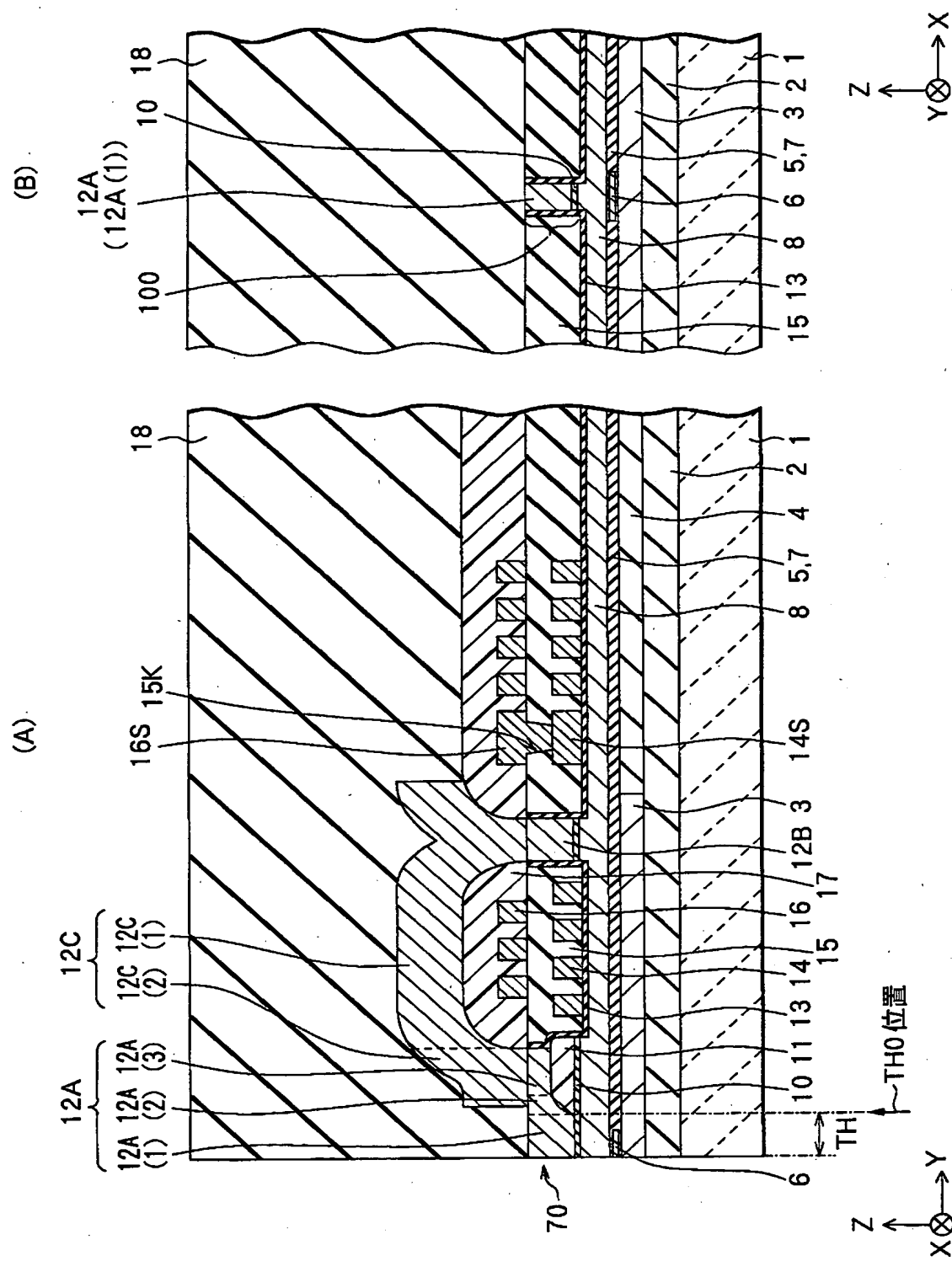
【図 1 1】



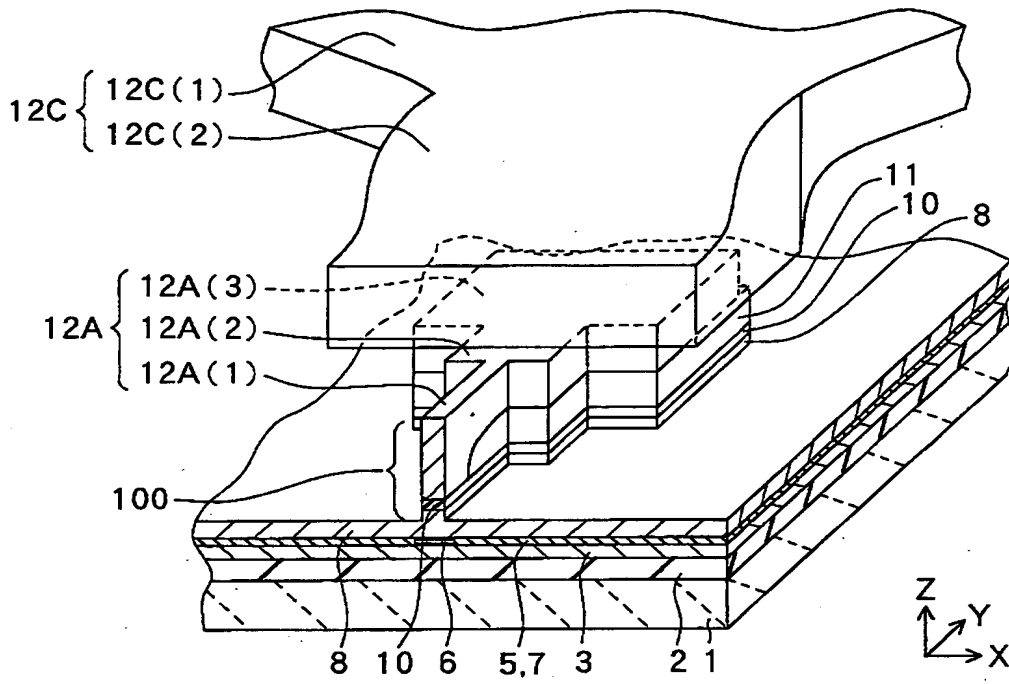
【図 1 2】



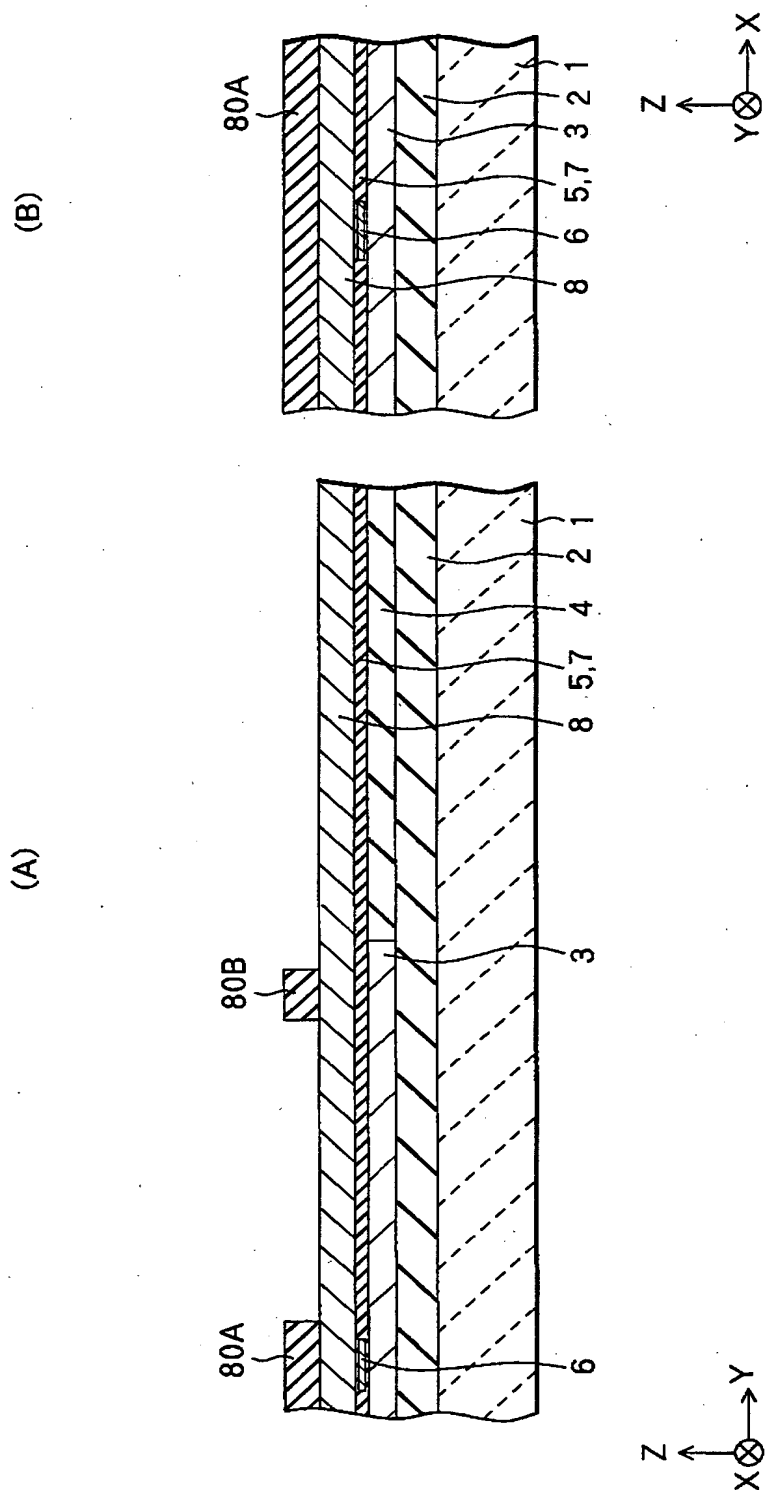
【图 13】



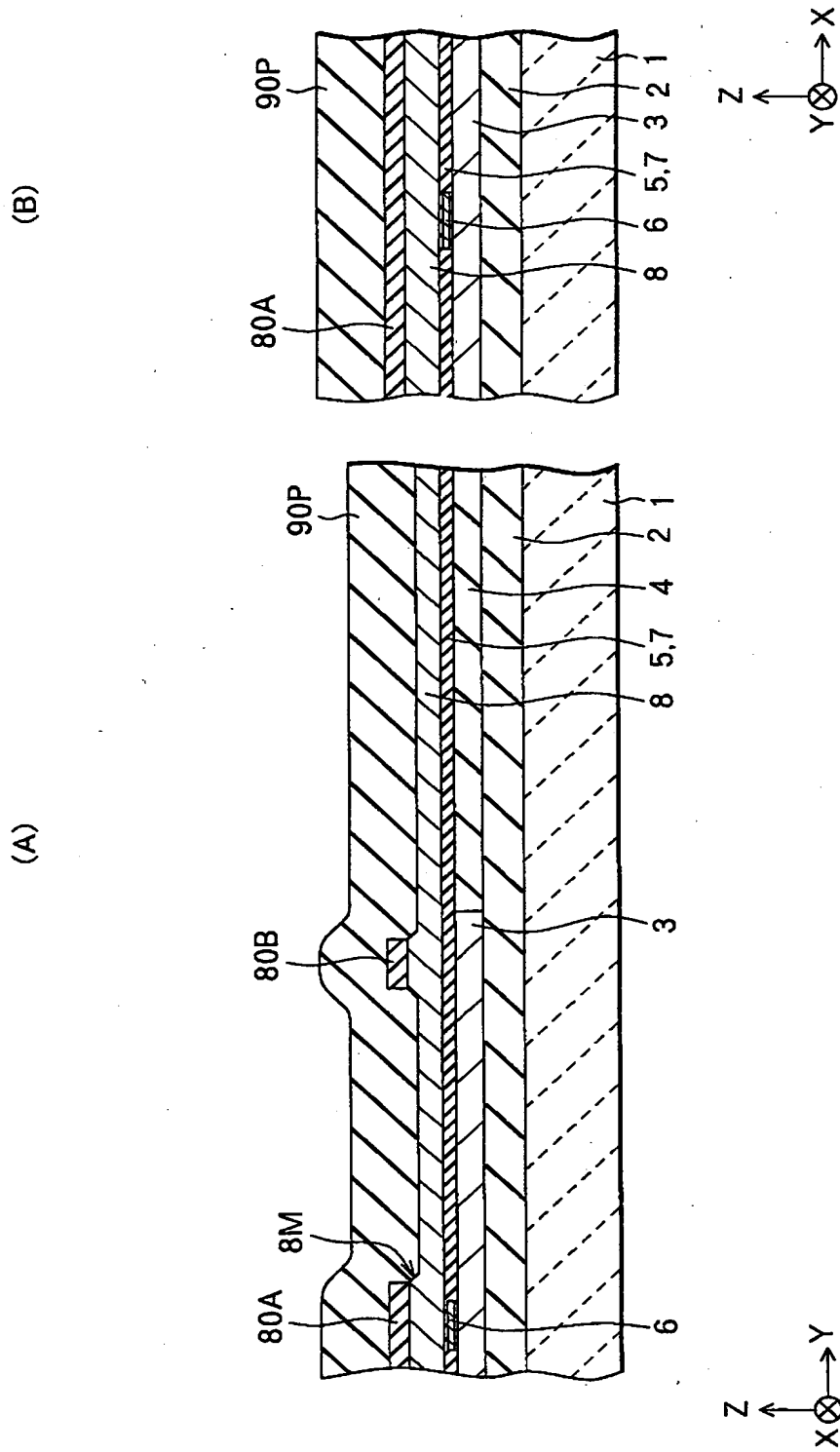
【図 1 4】



【図 1 5】

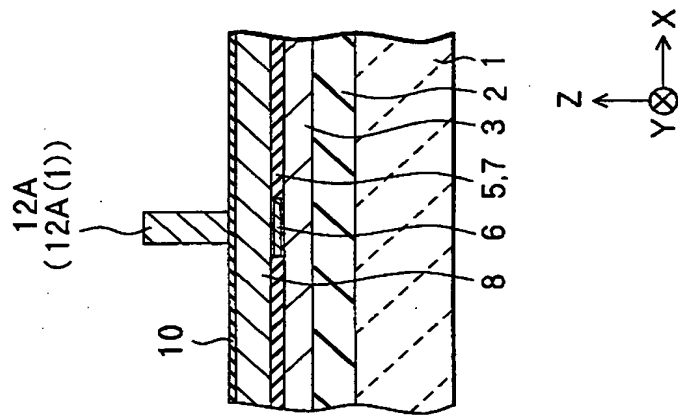


【図 1 6】

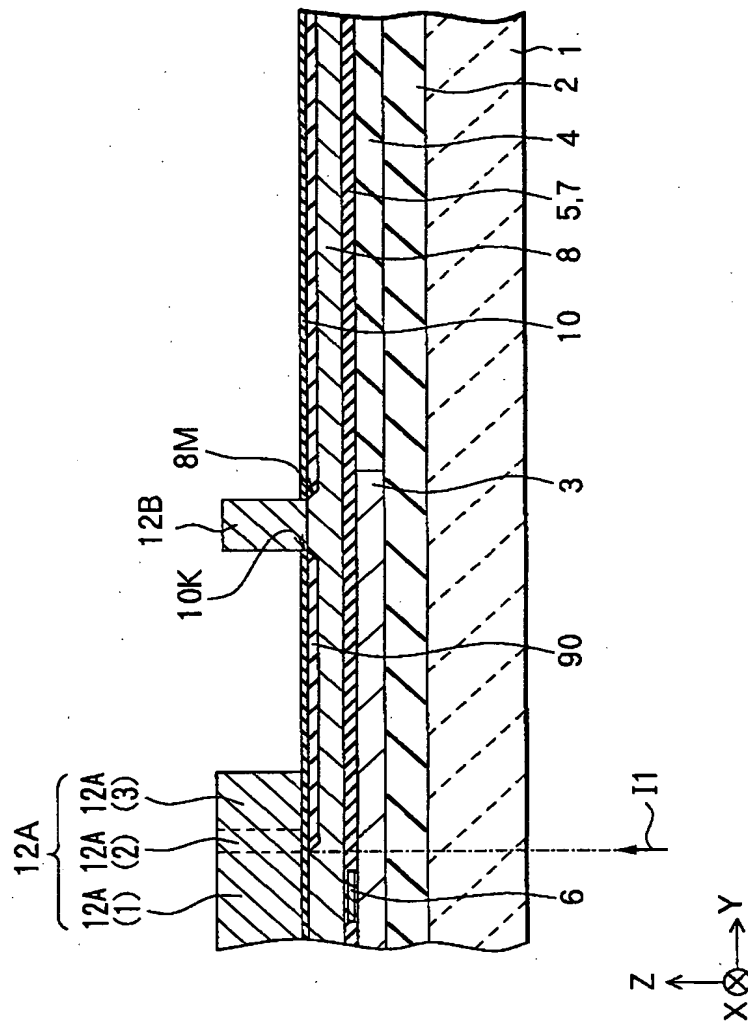


【図 17】

(B)

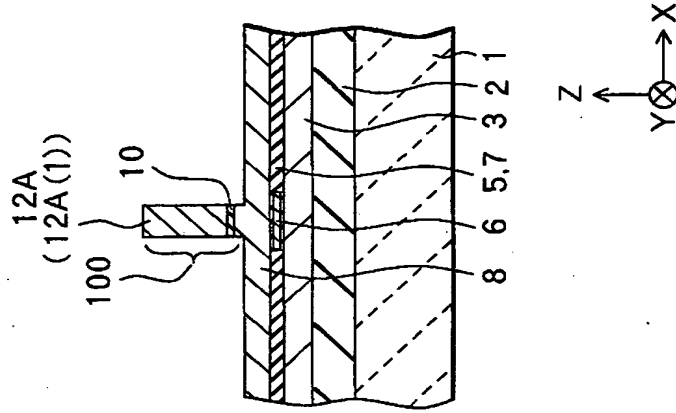


(A)

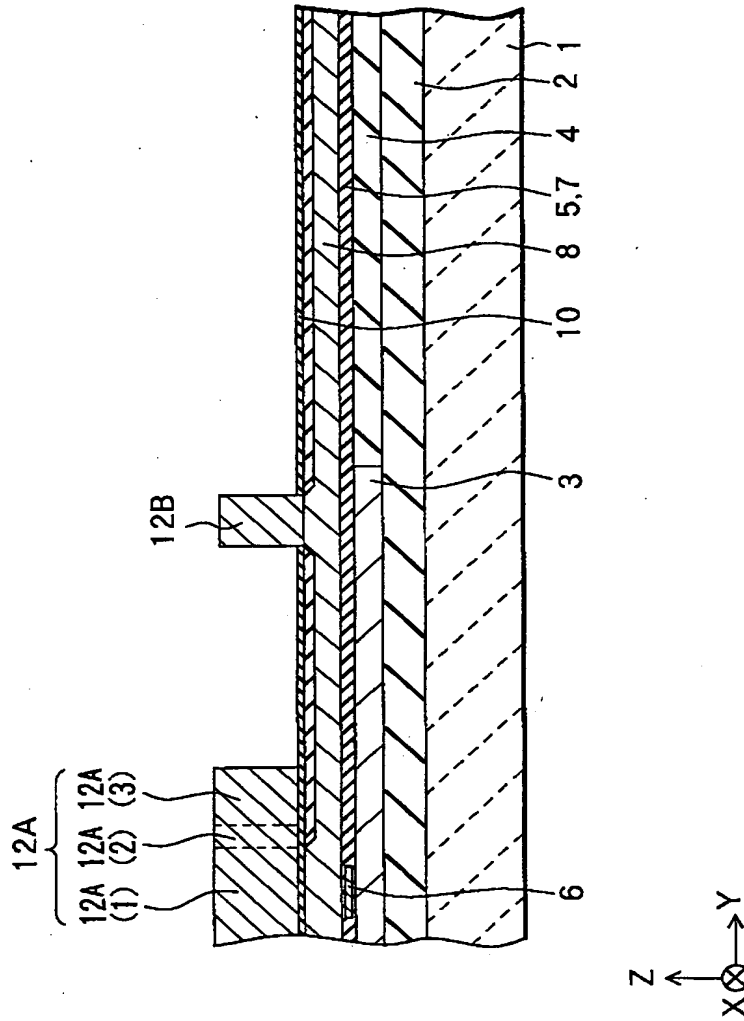


【図 1 8】

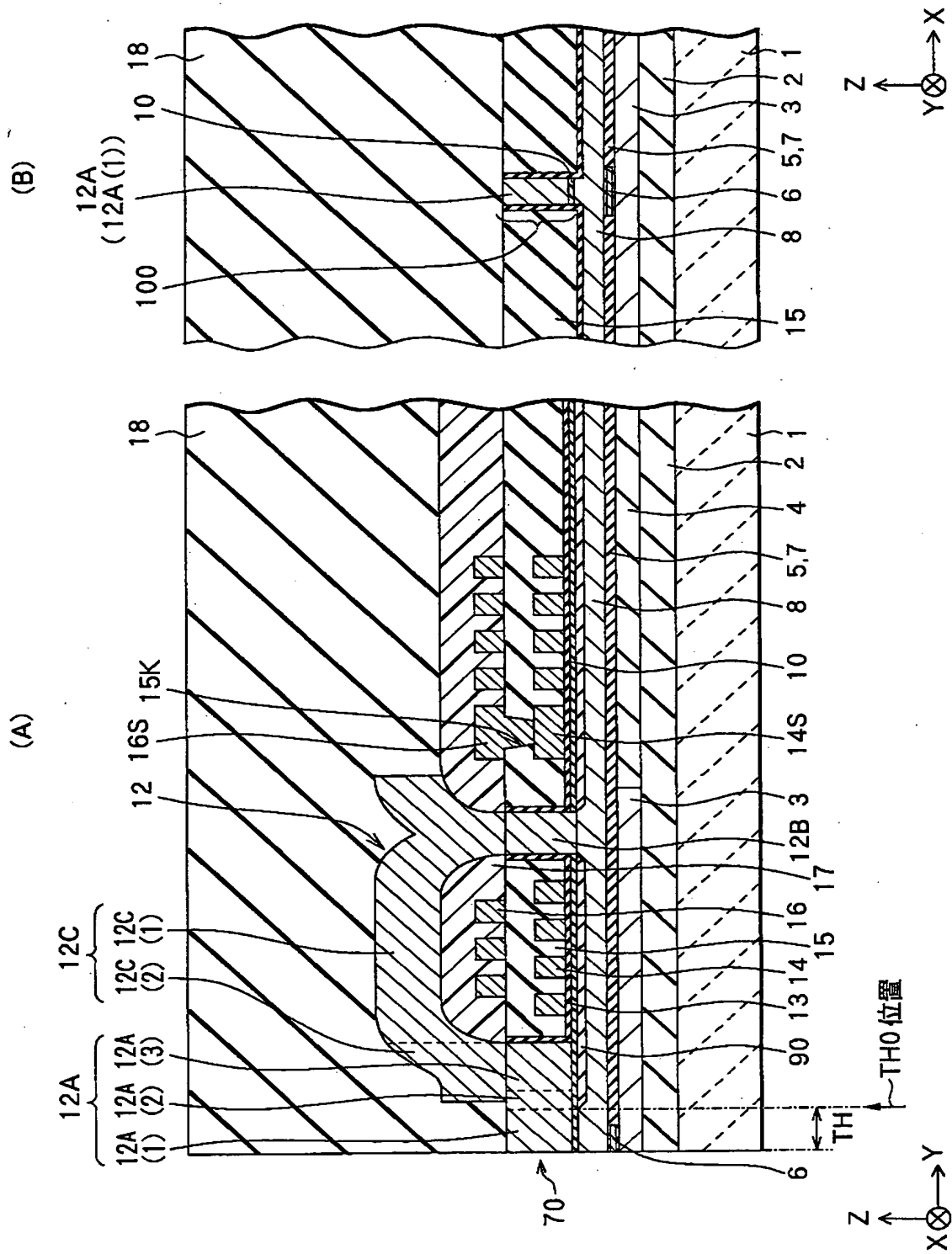
(B)



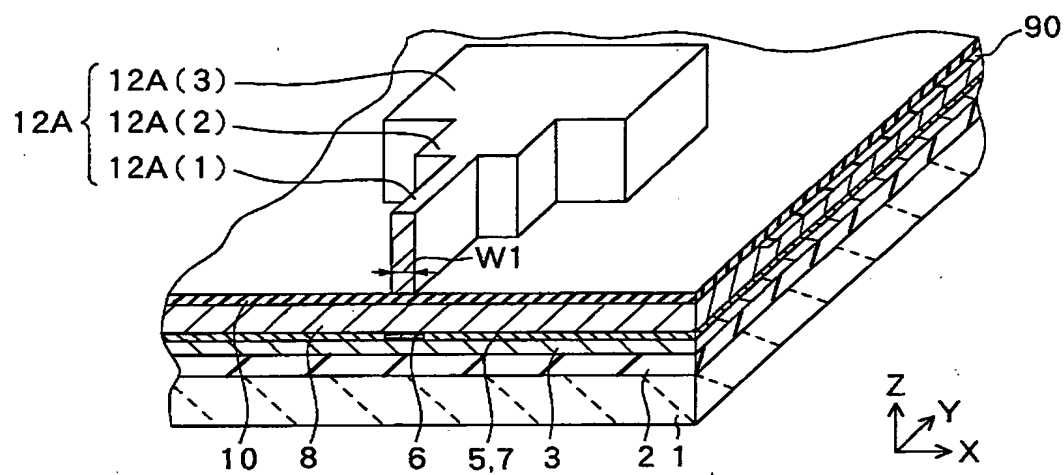
(A)



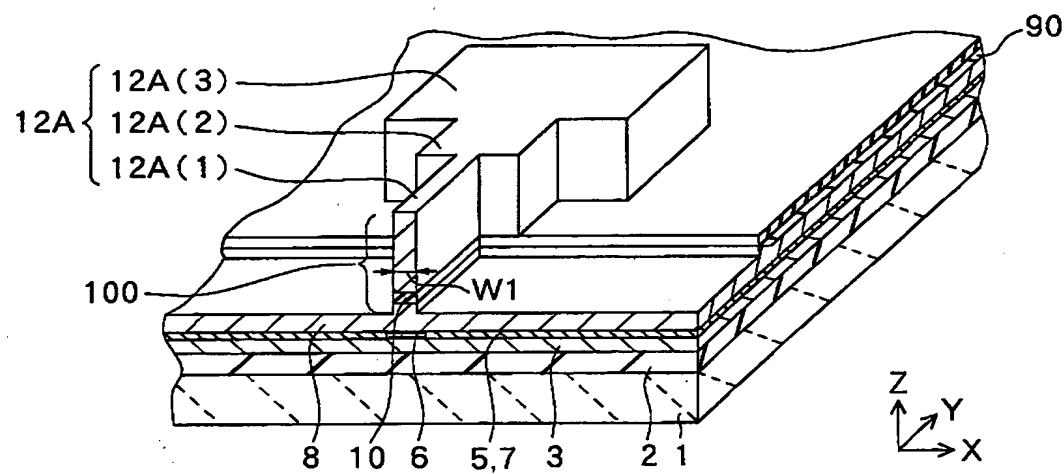
【図 19】



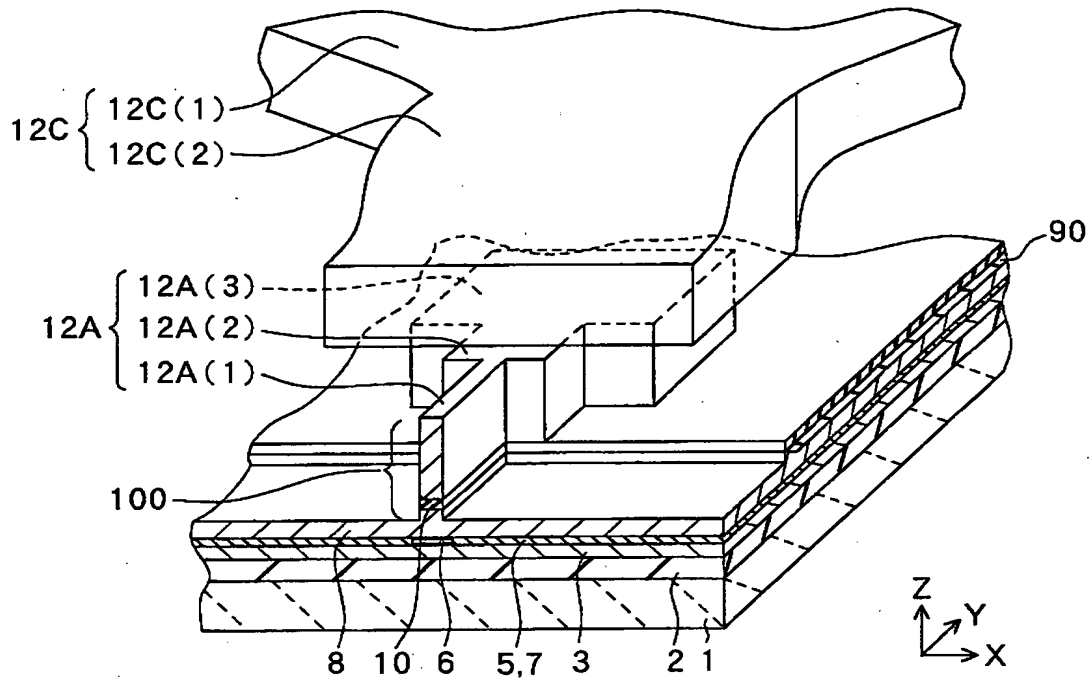
【図 2 0】



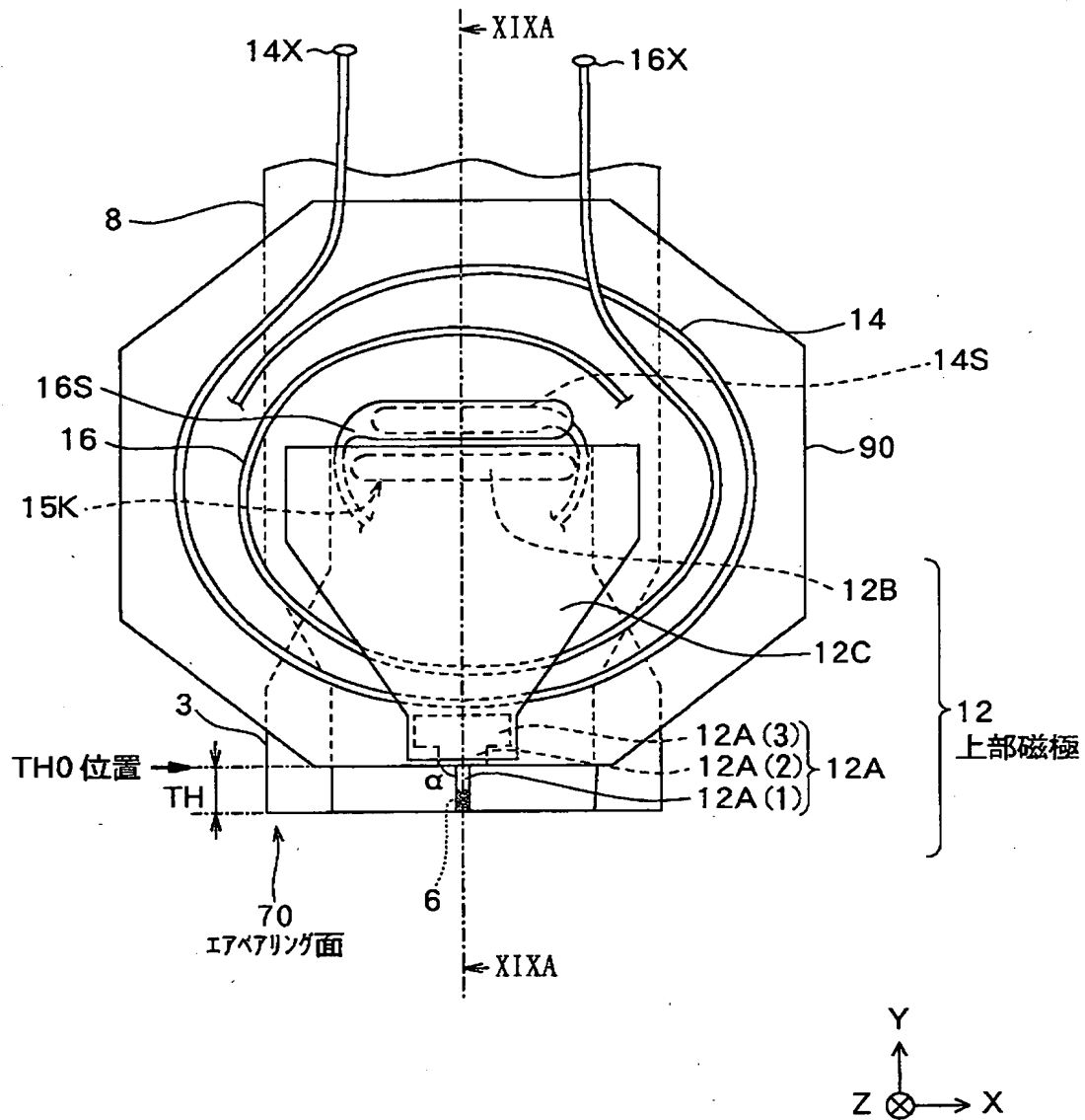
【図 2 1】



【図 2 2】

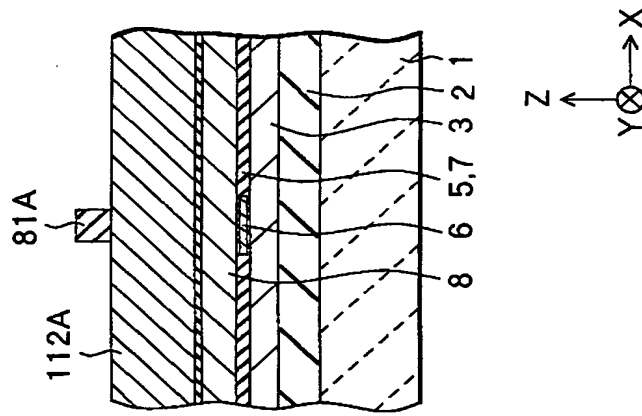


【図 23】

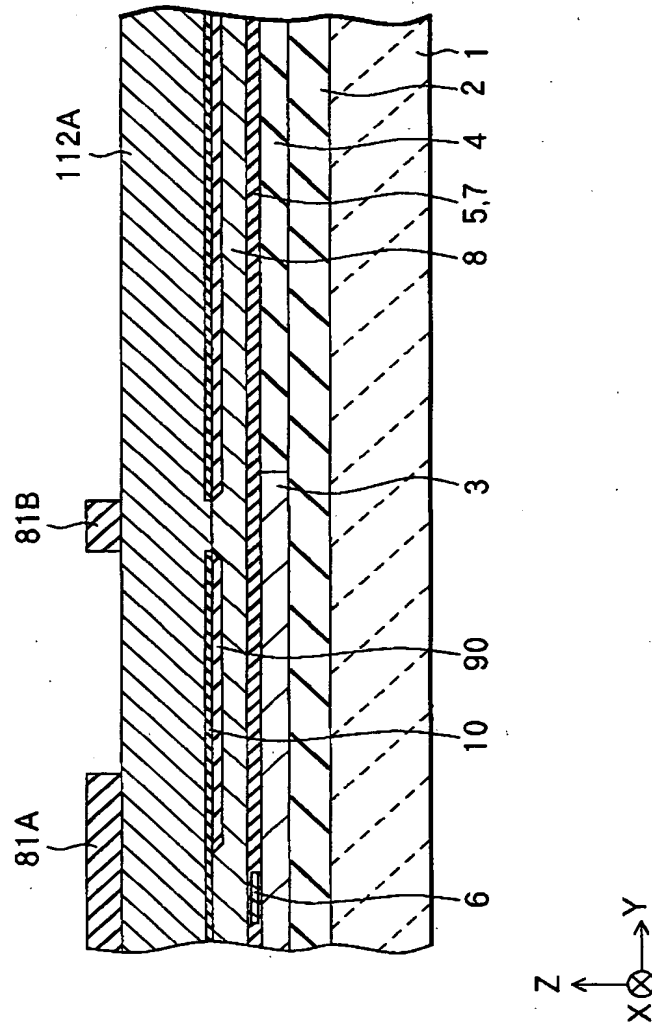


【図 2 4】

(B)

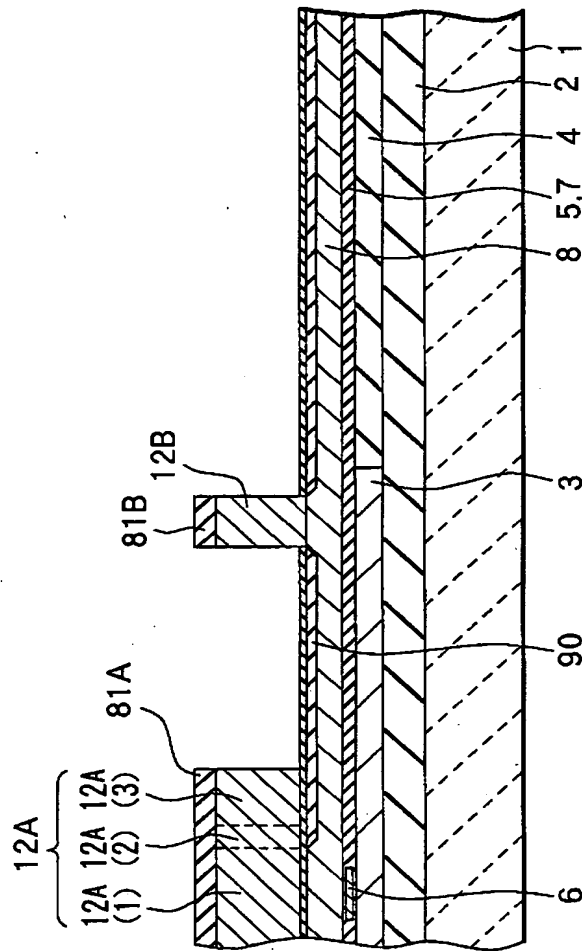


(A)

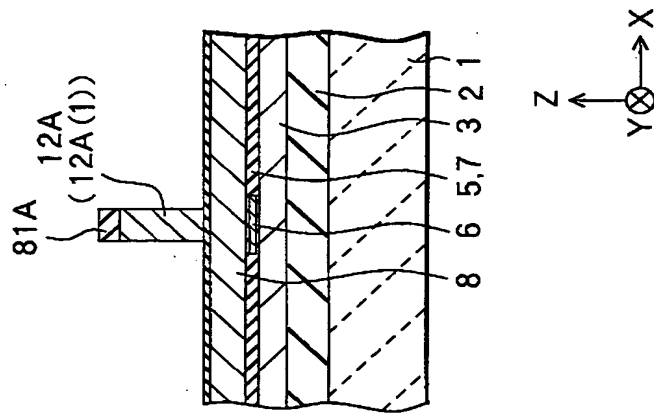


【図 25】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極幅を高精度に極微小化しつつ、歩留りを向上させることが可能な薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供する。

【解決手段】 塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも塩素を含むガス雰囲気、かつ $30^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ の範囲内の温度環境中において、極微小な一定幅 $W1$ を有する先端部 $12\text{A}(1)$ をマスクとして、 RIE により、記録ギャップ層 10 および下部磁極 8 のうちの先端部 $12\text{A}(1)$ に対応する部分以外の領域を選択的にエッチングする。磁極部分 100 の幅（磁極幅）を長さ方向に沿って高精度に一定とし、薄膜磁気ヘッドの歩留りを向上させることができる。

【選択図】 図 8

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-313416
受付番号	50001326638
書類名	特許願
担当官	金井 邦仁 3072
作成日	平成 12 年 10 月 18 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号
【氏名又は名称】	ティーディーケー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿 1 丁目 9 番 5 号 大台ビル 2 階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	三反崎 泰司
----------	--------

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿 1 丁目 9 番 5 号 大台ビル 2 階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	藤島 洋一郎
----------	--------

特 2000-313416

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名	ティーディーケイ株式会社